

Japanese Patent Laid-open Publication No. HEI 10-512 A

Publication date : January 6, 1998

Applicant : Research Development Corp. of Japan, Takeo SAITO,  
Naotake MOHRI and Mitsubishi Denki K. K.

5 TITLE : SURFACE TREATING METHOD BY ELECTRIC DISCHARGE, AND  
MACHINE FOR THE METHOD

[Abstract]

[Object]

10 A reforming layer for improving the life span of a  
tool drastically is uniformly formed on the tip of a cutting  
edge of the tool only by electric discharge machining, and  
the sharpness of the cutting edge can be improved.

[Means]

15 A rotating tool 1 is rotated, and the rotating tool  
1 and an electrode 2 for surface treatment are relatively  
moved by a mechanism 8 for driving an rotary axis and a  
mechanism 7 for driving a Z axis in the manner that the  
electrode 2 is opposite to the rotating tool 1. With a power  
20 source 18 for electric discharge machining, a voltage is  
applied between the rotating tool 1 and the electrode 2 to  
discharge electricity. In this way, a reforming layer 19  
can be formed on a flank 1a of the outer peripheral cutting  
edge of the rotating tool 1 and a cutting face 1b thereof.  
25 It is possible to form the reforming layer 19 on the tip

of the cutting blade of the rotating tool 1 uniformly, improve the life span of the tool to a great extent only by electric discharge machining, and improve the sharpness of the cutting edge.

5

[0020]

First Embodiment. Fig. 1 is a view showing the whole of a surface treating machine using electric discharge machining in a first embodiment of the present invention, and Fig. 2 is an explanatory view of main portions of the tip of a cutting edge of a rotating tool worked in the surface treating machine using electric discharge machining of the first embodiment of the present invention. In Figs. 1 and 2, reference number 1 represents a rotating tool for applying surface treatment, such as an end mill or a drill; reference number 2, an electrode for surface treatment which is made of a component for making a reforming layer, for example, TiC or TiH<sub>2</sub>, and which may be made by molding powder of the reforming material; reference number 3, a chucking mechanism for chucking the rotating tool 1; and reference number 4, an electrode-holding mechanism for holding the electrode 2 for surface treatment. The mechanism is a member for moving the rotating tool 1 and the electrode 2 for surface treatment relatively in the direction of a Z axis. The electrode holding mechanism 4 for carrying out the invention is not

limited to a mechanism that can hold the electrode 2 perpendicularly to the Z axis, and may be a mechanism that can freely rotate the electrode 2 in the Z axis direction separately therefrom. In this case, a flank 1a of an outer peripheral cutting edge of the rotating tool 1 can be made to the flank 1a, of the outer peripheral cutting edge, having a given angle to the central axis of the rotating tool 1. Reference number 5 represents a main axis for moving the rotating tool 1 upwards and downwards, that is, in the Z axis direction; reference number 6, a rotating axis (C axis) for rotating the rotating tool 1; reference number 7, a Z axis driving mechanism for driving the main axis 5 together with the rotating tool 1 upwards and downwards; reference number 8, a rotating axis driving mechanism composed of a motor for rotating the rotating axis 6, and so on; reference number 9, a working tank on which the electrode holding mechanism 4 is fixed and in which a working liquid 10 for electric discharge machining is put; reference number 11, an X table that can freely move the working tank 9 in the horizontal direction (X direction); reference number 12, a Y table that can freely move the working tank 9 in the horizontal direction (Y direction); reference number 13, an X axis driving mechanism for the X table 11; reference number 14, a Y axis driving mechanism for the Y table 12; reference number 15, a control circuit having therein a

computer and so on; reference number 16, a trace-movement control circuit for controlling the action of the rotating tool 1, which is arranged inside the control circuit 15 and corresponds to a common numerical control circuit; reference  
5 number 17, a gap voltage detecting circuit for detecting a gap voltage or a short circuit between the rotating tool 1 and the electrode 2 for surface treatment; and reference number 18, a power source for electric discharge machining. The power source is a member for applying a voltage between  
10 the rotating tool 1 and the electrode 2 for surface treatment. The gap voltage detecting circuit 17 for detecting a gap voltage or a short circuit between the rotating tool 1 and the electrode 2 for surface treatment makes a judgment by a drop in the voltage of the internal resistance of the power  
15 source 18 for electric discharge machining. The power source 18 has an electric discharge resistance and so on, which are not illustrated. The rotating axis driving mechanism 8 and the Z axis driving mechanism 7 for moving the rotating tool 1 and the electrode 2 for surface treatment relatively  
20 constitute a relative movement driving mechanism in the present embodiment.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1]

25 This is a view showing the whole of a surface treating

machine using electric discharge machining in a first embodiment of the present invention.

[Explanation of symbols]

- 5 1 rotating tool
- 2 electrode for surface treatment
- 4, 24, 34, 54, 64, 74, 84 electrode holding mechanism,
- 5 main axis
- 6 rotating axis
- 10 7 Z axis driving mechanism
- 8 rotating axis driving mechanism
- 9 working tank
- 10 working liquid
- 13 X axis driving mechanism
- 15 14 Y axis driving mechanism
- 15 control circuit
- 17 gap voltage detecting circuit
- 18 power source for electric discharge machining
- 19 reforming layer
- 20 26 assistance member

Fig. 1

- 4 electrode holding mechanism
- 5 main axis
- 25 6 rotating axis

	8	rotating axis driving mechanism
	9	working tank
	10	working liquid
	7	Z axis driving mechanism
5	15	control circuit
	16	trace-movement control circuit
	17	gap voltage detecting circuit
	18	power source for electric discharge machining
	13	X axis driving mechanism
10	14	Y axis driving mechanism

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-512

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月6日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

B 2 3 H 9/00

識別記号

庁内整理番号

F I

B 2 3 H 9/00

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願平8-151357

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月12日

(71) 出願人 390014535

新技術事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 000173289

斎藤 長男

愛知県春日井市岩成台9丁目12番地12

(71) 出願人 591135853

毛利 尚武

愛知県名古屋市天白区八事石坂661-51

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(74) 代理人 弁理士 樋口 武尚

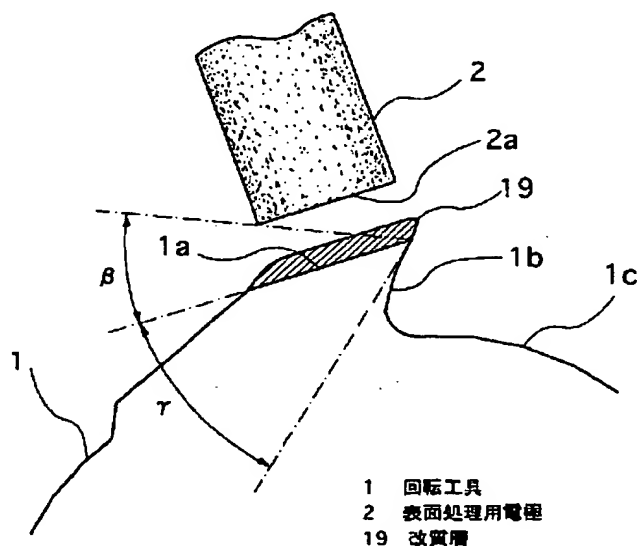
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電加工による表面処理方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができること。

【解決手段】 回転工具1を回転させ、回転工具1の切刃に対向するように、回転工具1と表面処理用電極2とを回転軸駆動機構8及びZ軸駆動機構7によって相対移動させ、放電加工用電源18により回転工具1と表面処理用電極2との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具1の外周切刃逃げ面1a、すくい面1bに改質層19を形成することができる。改質層19を回転工具1の切刃先端に均一に形成でき、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させ、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理方法において、

前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極を対向させ、前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、かつ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項2】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理方法において、

前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、前記回転工具の外周切刃逃げ角とすくい角との何れか1つ以上と前記表面処理用電極の直径とを補正の情報として位置補正し、前記回転工具と前記表面処理用電極の位置を決定し、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に沿って対向させて前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項3】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理方法において、

前記表面処理用電極を円板形状とし、前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、前記回転工具の外周切刃逃げ角とすくい角との何れか1つ以上と前記表面処理用電極の直径とを補正の情報として位置補正し、前記回転工具と前記表面処理用電極の位置を決定し、前記円板形状の表面処理用電極を回転させながら、前記回転工具の切刃に沿って対向させて前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成すると共に、前記表面処理用電極を使用する研削加工により前記回転工具の切刃の切刃先端形状を鋭利に成形することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項4】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理方法において、

前記表面処理用電極の放電面と前記回転工具の切刃の外周切刃逃げ面とのなす角を前記回転工具の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃とが相対的に移動しながら、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具のエキセントリック刃付けされた外周切刃逃げ面に対して改質層を生成することを特徴とする放電

加工による表面処理方法。

【請求項5】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理方法において、

前記表面処理用電極の放電面と前記回転工具の切刃の外周切刃逃げ面とのなす角を前記回転工具の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃とが相対的に移動しながら、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の母材が加工される程度の放電エネルギーで放電加工を行うことにより、前記回転工具の外周切刃逃げ面に改質層を生成し、かつ、外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けを生成することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項6】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理方法において、

前記回転工具の切刃の外周切刃逃げ面と面一で、かつ、すくい面に対して密に接合する補助部材を取付けた状態で、前記回転工具の切刃及び補助部材と改質材料からなる前記表面処理用電極との間に放電を発生させると共に、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極を相対的に移動することにより、外周切刃逃げ面に改質層を生成し、その後、補助部材を除去することを特徴とする放電加工による表面処理方法。

【請求項7】 前記回転工具と前記表面処理用電極との相対移動は、前記回転工具の切刃のねじれ角 $\theta$ 、前記改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とするとき、前記回転工具の軸方向の前記刃長分の送りに対して $(360 \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)$ の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させることを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れか1つに記載の放電加工による表面処理方法。

【請求項8】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理装置において、

前記回転工具との間の放電により、前記回転工具の切刃に改質層を生成する改質材料からなる表面処理用電極と、

前記回転工具を回転させ、前記回転工具の切刃に対向するように、前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構と、

前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に電圧を印加する放電加工用電源とを具備することを特徴とする放電加工による表面処理装置。

【請求項9】 回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理装置において、

前記回転工具との間の放電により、前記回転工具の切刃



に改質層を生成する改質材料からなる表面処理用電極と、  
前記回転工具を回転させ、前記回転工具の切刃に対向するように、前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構と、  
前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に電圧を印加する放電加工用電源と、  
前記回転工具と前記表面処理用電極との間の極間電圧を検出する極間検出回路と、  
前記極間検出回路の出力によって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に発生する放電を制御する制御回路とを具備することを特徴とする放電加工による表面処理装置。

【請求項10】 前記回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に対向する特定角度に固定したことを特徴とする請求項8または請求項9に記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項11】 前記回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に対向させ、かつ、その対向角度を設定できることを特徴とする請求項8または請求項9に記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項12】 前記回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を回転させることを特徴とする請求項8から請求項11の何れか1つに記載の放電加工による表面処理装置。

【請求項13】 前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構は、前記回転工具の切刃のねじれ角 $\theta$ 、前記改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とすると、前記回転工具の軸方向の前記刃長分の送りに対して $(360 \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)$ の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させることを特徴とする請求項8から請求項12の何れか1つに記載の放電加工による表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、放電加工を利用した回転工具等の切削工具の切刃先端の表面処理方法及びその表面処理装置に関するものであり、特に、切削工具に改質層を形成する放電加工による表面処理方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】放電加工により回転工具切刃に改質層を形成する方法及び装置としては、特開平7-112329号公報に掲載の技術を挙げることができる。前記公報には、次のような技術が開示されている。図24は従来の表面処理装置を説明する全体構成図である。図において、101はエンドミル、ドリル等の表面処理を施す回

転切削工具、102は改質材料の粉末を成形した圧粉体ブロックであり、改質材料としてW-C（タングステンカーバイト）にC<sub>o</sub>（コバルト）の粉末を混入したものを焼結成形したものが使用される。103は回転切削工具101の上下方向（Z軸方向）の移動を行う主軸、104は圧粉体ブロック102を固定すると共に放電加工用加工液105を充填する加工槽、106は回転切削工具101と圧粉体ブロック102の間に電圧を印加する放電加工用電源、107は回転切削工具101と圧粉体ブロック102の間の極間電圧または短絡を検出する極間検出装置、108は極間検出装置107の検出結果から回転切削工具101と圧粉体ブロック102の相対移動速度を制御する制御装置である。109は回転切削工具101と共に主軸103をZ方向（上下方向）に駆動するZ軸駆動装置、110は圧粉体ブロック102と共に加工槽104をX方向に駆動するX軸駆動装置、111は圧粉体ブロック102と共に加工槽104をY方向の駆動を行うY軸駆動装置で、また、112はZ軸駆動装置109の回転切削工具101を回転させる回転駆動装置である。

【0003】次に、この種の従来の表面処理装置の動作について説明する。主軸103に保持された回転切削工具101はZ軸駆動装置109の回転駆動装置112により回転され、X軸駆動装置110、Y軸駆動装置111、Z軸駆動装置109により回転切削工具101と圧粉体ブロック102を相対移動させることにより圧粉体ブロック102の切削加工が行われる。具体的には、回転切削工具101がエンドミルの場合は、側面方向（即ち、X軸方向、Y軸方向）の切削加工が、また、ドリルの場合には軸方向（即ち、Z軸方向）の切削加工を行う。その際、放電加工用電源106により回転切削工具101と圧粉体ブロック102の間には放電加工用電圧が印加されているため、切削加工の進行により回転切削工具101と圧粉体ブロック102の接触が解消されると、その間隙にて放電が発生する。間隙には切削加工により改質材料（W-C）が粉末となって浮遊しているため、回転切削工具101の切歯表面においては放電により加工液105中のW-C粉末が混入する。このように回転切削工具101の送り速度を適性に制御することにより、切削、放電を繰返しながら連続的に加工が行われ、切歯部分に均一な改質層、即ち、W-C合金が形成される。即ち、前記公報は、被覆材料を含むブロックを回転工具で切削しながら放電加工する方法が開示されている。ここでは、改質材料を含むブロックと切刃先端部分との間に放電を発生させることによって回転工具切刃先端に改質層を形成している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、この方法では、改質材料を含むブロックと、回転工具切刃先端が接触状態にある切削加工と改質材料を含むブロックと、回

5

転工具切刃先端が非接触状態にある放電加工といった相反する2つの加工プロセスを複合させているため、安定した加工を行うことが困難であり、回転工具切刃先端に対して均一な改質膜を形成することも困難となる。また、切削プロセスでは改質材料を含むブロックとの摩擦で回転工具切刃先端が摩耗し、放電プロセスでは放電集中による切刃先端の鈍りが生じ、改質層が形成された切刃先端を研磨する工程が必要となる。更に、回転工具が改質材料を含むブロックを切削する際に発生する切削抵抗のため、通常の放電加工機以上に機械剛性を必要とすることになる。

【0005】そこで、この発明は、上記のような従来のものの課題を解消するためになされたもので、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる放電加工による表面処理方法及びその装置の提供を課題とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1にかかる放電加工による表面処理方法は、回転工具の切刃に沿って改質材料からなる表面処理用電極を対向させ、前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、かつ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成するものである。

【0007】請求項2にかかる放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極と回転工具の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、前記回転工具の外周切刃逃げ角とすくい角との何れか1つ以上と前記表面処理用電極の直径とを補正の情報として位置補正し、前記回転工具と前記表面処理用電極の位置を決定し、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に沿って対向させて前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成するものである。

【0008】請求項3にかかる放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極を円板形状とし、前記表面処理用電極と回転工具の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、前記回転工具の外周切刃逃げ角とすくい角との何れか1つ以上と前記表面処理用電極の直径とを補正の情報として位置補正し、前記回転工具と前記表面処理用電極の位置を決定し、前記円板形状の表面処理用電極を回転させながら、前記回転工具の切刃に沿って対向させて前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成すると共に、前記表面処理用電極を使用する研削加工により前記回転工具の切刃の切刃先端形状を鋭利に成形するものである。

6

【0009】請求項4にかかる放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極の放電面と回転工具の切刃の外周切刃逃げ面とのなす角を前記回転工具の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃とが相対的に移動しながら、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具のエキセントリック刃付けされた外周切刃逃げ面に対して改質層を生成するものである。

【0010】請求項5にかかる放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極の放電面と回転工具の切刃の外周切刃逃げ面とのなす角を前記回転工具の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃とが相対的に移動しながら、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の母材が加工される程度の放電エネルギーで放電加工を行うことにより、前記回転工具の外周切刃逃げ面に改質層を生成し、かつ、外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けを生成するものである。

【0011】請求項6にかかる放電加工による表面処理方法は、回転工具の切刃の外周切刃逃げ面と面一で、かつ、すくい面に対して密に接合する補助部材を取付けた状態で、前記回転工具の切刃及び補助部材と改質材料からなる表面処理用電極との間に放電を発生させると共に、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極を相対的に移動することにより、外周切刃逃げ面に改質層を生成し、その後、補助部材を除去するものである。

【0012】請求項7にかかる放電加工による表面処理方法は、請求項1乃至請求項6の何れか1つに記載の回転工具と表面処理用電極との相対移動は、前記回転工具の切刃のねじれ角 $\theta$ 、前記改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とすると、前記回転工具の軸方向の前記刃長分の送りに対して $(360 \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)$ の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させるものである。

【0013】請求項8にかかる放電加工による表面処理装置は、回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理装置において、前記回転工具との間の放電により、前記回転工具の切刃に改質層を生成する改質材料からなる表面処理用電極と、前記回転工具を回転させ、前記回転工具の切刃に対向するように、前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構と、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に電圧を印加する放電加工用電源とを具備するものである。

【0014】請求項9にかかる放電加工による表面処理

7

装置は、回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理装置において、前記回転工具との間の放電により、前記回転工具の切刃に改質層を生成する改質材料からなる表面処理用電極と、前記回転工具を回転させ、前記回転工具の切刃に対向するように、前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構と、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に電圧を印加する放電加工用電源と、前記回転工具と前記表面処理用電極との間の極間電圧を検出する極間検出回路と、前記極間検出回路の出力によって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に発生する放電を制御する制御回路とを具備するものである。

【0015】請求項10にかかる放電加工による表面処理装置は、請求項8または請求項9に記載の回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に対向する特定角度に固定したものである。

【0016】請求項11にかかる放電加工による表面処理装置は、請求項8または請求項9に記載の回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に対向させ、かつ、その対向角度を設定できるものである。

【0017】請求項12にかかる放電加工による表面処理装置は、請求項8から請求項11の何れか1つに記載の回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を回転させるものである。

【0018】請求項13にかかる放電加工による表面処理装置は、請求項8から請求項12の何れか1つに記載の回転工具と表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構は、前記回転工具の切刃のねじれ角 $\theta$ 、前記改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とすると、前記回転工具の軸方向の前記刃長分の送りに対して  $(360 \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)$  の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させるものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の放電加工による表面処理方法及びその装置の実施の形態について、図を用いて説明する。なお、図中、各実施の形態における同一符号及び記号は各実施の形態に共通する構成部分を示すものである。

【0020】実施の形態1. 図1は本発明の実施の形態1の放電加工による表面処理装置の全体構成図、また、図2は本発明の実施の形態1の放電加工による表面処理装置で加工される回転工具の切刃の切刃先端の要部説明図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具、2は改質層を形成する成分、例えば、TiC、TiH<sub>2</sub>等で形成した表面処理用電極で、前記改質材料の粉末で成形したものでもよい。3は

8

回転工具1を保持するチャッキング機構、4は表面処理用電極2を保持する電極保持機構で、回転工具1と表面処理用電極2とをZ軸方向に相対移動させるものである。なお、本発明を実施する場合の電極保持機構4は、表面処理用電極2をZ軸方向に対して直角に保持できるものに限定されるものではなく、所定の距離離れてZ軸方向に回転自在なものとすることができ、この場合には、回転工具1の外周切刃逃げ面1aを回転工具1の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面1aとすることができる。5は回転工具1の上下方向、即ち、Z軸方向の移動を行う主軸、6は回転工具1の回転を行う回転軸(C軸)、7は回転工具1と共に主軸5を上下方向に駆動するZ軸駆動機構、8は回転軸6を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構、9は電極保持機構4を固定すると共に放電加工用の加工液10を収容する加工槽、11は加工槽9の水平方向(X方向)の移動を自在とするXテーブル、12は加工槽9の水平方向(Y方向)の移動を自在とするYテーブル、13はXテーブル11用のX軸駆動機構、14はYテーブル12用のY軸駆動機構、15はコンピュータ等を内蔵した制御回路、16は制御回路15内に設けられ、回転工具1の動作を制御する軌跡移動制御回路で、通常の数値制御回路に相当するものである。17は回転工具1と表面処理用電極2の間の極間電圧または短絡を検出する極間検出回路、18は回転工具1と表面処理用電極2との間で電圧を印加する放電加工用電源である。ここで、回転工具1と表面処理用電極2の間の極間電圧または短絡を検出する極間検出回路17は、放電加工用電源18の内部抵抗の電圧降下によって判断するものであり、放電加工用電源18には図示しない放電抵抗等が存在する。なお、回転工具1と表面処理用電極2とを相対移動させる回転軸駆動機構8及びZ軸駆動機構7は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0021】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。図2に示すように、本実施の形態の放電加工による表面処理装置で加工される回転工具1の切刃の切刃先端は、回転工具1の外周切刃逃げ角(外周二番角) $\beta$ の接線で形成される面である外周切刃逃げ面1aに平行して、表面処理用電極2の先端面2aからなる放電面を設定する。チャッキング機構3により保持された回転工具1は、回転軸駆動機構8により回転軸6と共に回転し、Z軸駆動機構7により主軸5と共に上下移動を行う。このとき、上下移動と回転は同期しており、その同期状態は、放電加工される回転工具1の切刃のねじれ角 $\theta$ に沿って表面処理用電極2の放電面が移動するように主軸5の移動量、即ち、回転工具1の軸方向の刃長分の送りに相当するその回転量が特定され、それが設定されている。例えば、ねじれ角 $\theta$ 、刃長 $L$ (mm)、直径 $D$ (mm)の右ねじれ刃のエンドミルを表面処理する事例で説明する。主軸マイナス方向へ

の移動量、即ち、エンドミルの先端からチャッキング機構3の方向の移動量を刃長 $L$ とすると、 $\{(360^\circ \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)\}$ との一定の割合でマイナス方向に右回転させるといった関係を維持する。なお、主軸プラス方向、即ち、チャッキング機構3側からエンドミルの先端方向に移動させるときは逆方向へ回転させることになる。これにより、表面処理用電極2の放電面が、回転工具1の外周切刃逃げ面1aとの加工開始前の位置関係を維持しながら切刃のねじれに沿って外周切刃逃げ面1a上を往復移動されることになる。表面処理用電極2は電極保持機構4に取付けられ、更に、電極保持機構4は加工液10が満たされた加工槽9内に配設される。極間検出回路17は表面処理用電極2と回転工具1の位置関係を接触によって検出し、検出された情報は制御回路15に送られ、表面処理用電極2の放電面と回転工具1の外周切刃逃げ角 $\beta$ を有する面である外周切刃逃げ面1a、すくい角 $\gamma$ を形成する面であるすくい面1b

(図2参照)が互いに対向するように位置決めする場合に使用される。軌跡移動制御回路16は処理対象の回転工具1のねじれ角 $\theta$ 、処理する刃長 $L$ 、直径 $D$ 、ねじれ刃の情報(右ねじれ、左ねじれ)、及び、移動速度、移動回数が入力されると、放電面が外周切刃逃げ面1aをなぞるような指令を制御回路15に与え、制御回路15はこの指令に従ってX軸駆動機構13、Y軸駆動機構14、Z軸駆動機構7及び、回転軸駆動機構8を制御して所望の動作を回転工具1に行わせる。なお、1cはエンドミルやドリル等の回転工具1のねじれ溝である。

【0022】このようにして、放電部分が加工液10中に浸漬された状態で、表面処理用電極2を処理刃面になぞらせながら、放電加工用電源18により回転工具1と表面処理用電極2との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具1の外周切刃逃げ面1a、すくい面1bに改質層19を形成することができる。また、加工槽9内に設置された表面処理用電極2と回転工具1の処理部分を加工液10に浸漬させずとも、放電加工部分に加工液10を吹きかけながら前述の方法で放電加工することによっても回転工具1の外周切刃逃げ面1aに改質層19を形成することができ、結果的に、外周切刃逃げ面1aに改質層19を形成することは、その生成によりすくい角 $\gamma$ を形成する面、即ち、すくい面1bに改質層19を形成することになる。

【0023】実施の形態2。図3は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置の回転工具と表面処理用電極との関係を示す正面図、図4は同じく回転工具と表面処理用電極との関係を示す側面図、図5は同じく回転工具と表面処理用電極との位置関係が変位した状態を示す正面図である。また、図6は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置の回転工具の中心軸と表面処理用電極との水平面上の位置関係を示す断面の説明図、図7は同じく回転工具と表面処理用電極の外径線と

の水平面上の位置関係を示す断面の説明図、図8は同じく回転工具と表面処理用電極の外径線との水平面上の接合深さの位置関係を示す断面の説明図、図9は同じく回転工具と表面処理用電極の外径線との水平面上での当接位置の位置関係を示す断面の説明図、図10は同じく回転工具の切刃先端と表面処理用電極の外径線との位置関係を示す断面の説明図、図11は同じく回転工具の刃面と表面処理用電極の端面との角度関係を示す断面の説明図、図12は同じく回転工具の刃面と表面処理用電極の端面との平行関係を示す断面の説明図、図13は同じく回転工具の刃面に改質層を形成する動作の説明図である。なお、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の全体構成図は、図1に示した放電加工による表面処理装置の全体構成図と同一であるので、その説明を省略する。

【0024】図3乃至図13において、1は表面処理を施すエンドミル、ドリル等の回転工具、2は改質層を形成する成分からなる表面処理用電極、3は回転工具1を保持するチャッキング機構、4は表面処理用電極2を保持する電極保持機構、5は回転工具1のZ軸方向の移動を行う主軸、6は回転工具1の回転を行う回転軸(C軸)、7は回転工具1と共に主軸5をZ軸方向に駆動するZ軸駆動機構、8は回転軸6を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構である。

【0025】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について、図14及び図15に基き図3乃至図13を参照して説明する。図14及び図15は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置における回転工具と表面処理用電極との関係を設定して改質層を形成するフローチャートである。まず、ステップS1で回転工具1と表面処理用電極2の条件を入力する。回転工具1の条件としては、ねじれ角 $\theta$ 、刃長 $L$ (mm)、直径 $D$ (mm)、左右ねじれ、また、表面処理用電極2の条件としては、長さ $M$ (mm)、直径 $d$ (mm)等を設定する。また、機械的構成として表面処理用電極2を保持する電極保持機構4の位置は、加工槽9に取付けた状態で一義的に決定される。また、電極保持機構4の表面処理用電極2の中心線A-Aも一義的に決定され、その水平についても機械的取付けによって決定される。回転工具1の中心線O-Oも主軸5のZ軸方向の中心線Z-Zによって一義的に決定される。図3に示すように、表面処理用電極2と回転工具1の取付け状態では、表面処理用電極2の中心線A-Aと回転工具1の中心線O-O、即ち、主軸5のZ軸方向の中心線Z-Zは何れにあるか不明である。しかし、表面処理用電極2の中心線A-Aが機械的に決定されていることから、図4に示すように、チャッキング機構3に保持された回転工具1(右ねじれ刃、4枚刃のエンドミル)と電極保持機構4に保持された表面処理用電極2との位置関係は、回転工具1と表面処理用電極2のそれぞれの表面処理用電

極 2 の中心線 A-A と回転工具 1 の中心線 O-O が直交するように、電極保持機構 4 の位置を調整することができる。したがって、ステップ S 2 で動作キーの操作によって、ステップ S 3 で電極保持機構 4 の位置を調整し、表面処理用電極 2 の中心線 A-A に対して回転工具 1 の中心線 O-O を直交させる。なお、図 4 に示す A f-A f 線は中心線 A-A による水平平面を表現したものである。このとき、回転工具 1 の刃長 L (mm) と表面処理用電極 2 の長さ M (mm) 及び直径 d (mm) により、両者が衝突しない位置とする。

【0026】次に、ステップ S 4 及びステップ S 5 で回転工具 1 を下降させ、その底刃部分と表面処理用電極 2 の上部との接触を極間検出回路 17 により検出し、回転工具 1 の底刃部分が表面処理用電極 2 の上部と接触したとき、回転工具 1 の底刃の位置と表面処理用電極 2 の中心線 A-A との距離  $d/2$  から、ステップ S 6 でそのときの回転工具 1 の底刃の Z 座標を求める。その後、ステップ S 7 で表面処理用電極 2 と干渉しない位置まで回転工具 1 を退避させた後、回転工具 1 の刃長 L に基き、図 5 に示すように、表面処理用電極 2 の先端面 2 a の中心線 A-A 上に回転工具 1 のシャンク側の切刃終端（ネック）が位置するように回転工具 1 を移動させる。実際に移動した表面処理用電極 2 の中心線 A-A を含む A f-A f 線で示す水平平面における断面をチャッキング機構 3 側から見ると、表面処理用電極 2 の先端面 2 a と回転工具 1 の切刃逃げ面 1 a の位置関係は、図 6 または図 7 のようになっている。即ち、図 6 に示すように、表面処理用電極 2 の中心線 A-A から回転工具 1 の中心線 O-O から右方向に回動している場合、或いは、図 7 に示すように、表面処理用電極 2 の中心線 A-A から回転工具 1 の中心線 O-O から左方向に回動している場合等になる。

【0027】そして、図 7 に示すように、ステップ S 8 で表面処理用電極 2 の先端面 2 a の左右端の延長線 A1-A1 が回転工具中心軸 O を通過するように（直角に交わるように）、回転工具 1 の位置を調整する。表面処理用電極 2 の左右端の延長線 A1-A1 上とは、回転工具 1 のねじれが右ねじれであれば、表面処理用電極 2 の先端面 2 a からみて左端となり、回転工具 1 のねじれが左ねじれであれば、表面処理用電極 2 の先端面 2 a からみて右端となる。また、表面処理用電極 2 が丸棒状である場合には最左右周面に接線となり、表面処理用電極 2 が角棒状である場合には、最左右端面の接線となる。表面処理用電極 2 の左右端の延長線 A1-A1 上は、極間検出回路 17 により表面処理用電極 2 の側面と回転工具 1 のシャンク部分との接触を検出することによって得ることができ、また、表面処理用電極 2 の左右端の延長線 A1-A1 を確認することができる。本実施の形態では説明の簡略化のため、表面処理用電極 2 の半径  $d/2$  から算出したものである。このときの回転工具 1 の中心線 O

-O（中心座標 O）を X テーブル 11 及び Y テーブル 12 の移動量から測定する。

【0028】図 8 に示すように、表面処理用電極 2 の先端面 2 a を回転工具 1 の切刃先端の軌跡 1 A の内側で、かつ、回転工具 1 に接触しない位置関係とする。これは、表面処理用電極 2 の先端面 2 a が回転工具 1 の中心線 O-O から  $D/2$  内にあるときで、極間検出回路 17 によって表面処理用電極 2 と回転工具 1 との接触を検出していないときを、ステップ S 9 で判定することにより行われる。その後、ステップ S 10 で回転工具 1 を右ねじれ刃の場合は時計回り（図 3 乃至図 13 の右回転）、左ねじれ刃の場合は反時計回りに回転させて、ステップ S 11 で図 9 に示すように、極間検出回路 17 により表面処理用電極 2 の側面と回転工具 1 の切刃先端との接触検出を行う。ステップ S 12 で、このとき、切刃先端の座標  $(x0, y0)$  を読み込む。この切刃先端の座標  $(x0, y0)$  は、回転工具 1 の中心線 O-O 及び半径  $D/2$  並びに表面処理用電極 2 の先端面 2 a から回転工具 1 の中心線 O-O までの距離によって求めることができる。なお、この切刃先端の座標  $(x0, y0)$  を仮想切刃先端の座標とすることもでき、この仮想切刃先端の座標とは、極間検出回路 17 により表面処理用電極 2 の側面と回転工具 1 の切刃先端との接触検出を行った切刃先端の座標を、回転工具 1 の中心座標 O から読み取り、それを座標  $(x0 = 0, y0 = 0)$  としてもよい。何れにせよ、回転工具 1 の切刃先端が特定できればよい。本実施の形態では切刃先端の座標  $(x0, y0)$  を読み込んだこととする。

【0029】そして、この当接状態で回転軸 6 の回動を停止させて回転位置（以下、単に『C 座標』という）を保持した状態で表面処理用電極 2 と干渉しない位置まで回転工具 1 を、ステップ S 13 で表面処理用電極 2 の左端の延長線 A1-A1 から離す方向に移動させる。このとき、図 10 に示すように、表面処理用電極 2 からの移動量を  $\Delta y$  で、回転工具 1 の切刃先端の座標は、座標  $(x1, y1)$  となる。図 11 の状態では、表面処理用電極 2 の先端面 2 a に対して、回転工具 1 の切刃の外周切刃逃げ角  $\beta$  の大きさだけ刃面、即ち、外周切刃逃げ面 1 a が傾斜しており、この状態で表面処理用電極 2 の先端面 2 a に切刃先端を平行移動して放電加工しても、切刃先端にも改質層 19 が形成され、切刃先端が丸く鈍ってしまう。そこで、ステップ S 14 で、図 12 に示すように、回転工具 1 の切刃の外周切刃逃げ角  $\beta$  の大きさだけ回転軸 6 によって回転工具 1 を回動し、処理する外周切刃逃げ面 1 a が表面処理用電極 2 の先端面 2 a に平行に対向するように設定する。なお、この回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a である外周切刃逃げ角  $\beta$  は、工具直径 D やその工具を製造したメーカーによっても異なる。そこで、この外周切刃逃げ角  $\beta$  は再研削時に使用する工具メーカー発行の外周切刃逃げ角表等から求め、右ねじれ刃で

13

は右回りに、左ねじれ刃では左回りにその外周切刃逃げ角 $\beta$ を制御回路15に入力して回転軸駆動機構8によって補正する。本実施の形態においては、外周切刃逃げ角 $\beta$ の回転により、切刃先端の座標は回転工具1は直径Dであることから、座標 $x1, y1$ から座標 $x1 + D(1 - \cos \beta)$ と $y1 + D \times \sin \beta$ となる。ここで、 $y1 = y0 - \Delta y$ とすれば、 $x1 + D \times (1 - \cos \beta), y0 - \Delta y + D \times \sin \beta$ となる。

【0030】次に、ステップS15で表面処理用電極2の直径dに基づき、少なくとも、回転工具1の切刃先端が表面処理用電極2の先端面2aのエッジと同一またはそれよりも外に位置し、形成された改質層19によって切刃先端が鈍くならないように、回転工具1をy軸方向へ $d - (y0 - \Delta y + D \times \sin \beta)$ だけ移動させる。これにより、図12に示すように、切刃先端から表面処理用電極2のはみ出さず、表面処理用電極2の先端面2aに対して回転工具1の切刃先端を位置決めすることができる。ステップS16で回転工具1と表面処理用電極2の先端面2aとの間隙 $\Delta x$ が位置決めされた後、ステップS17で表面処理用電極2と外周切刃逃げ面1aとの間で放電を発生させ、ステップS18で実施の形態1で説明した表面処理用電極2とのZ軸方向の移動とC軸方向の回転を行い、両者の相対移動により、表面処理用電極2の放電面と切刃先端処理面が常に同じ位置関係を維持しながら切刃の全体の刃長Lに沿って外周切刃逃げ面1aに均一に改質層19を形成する。ステップS19で回転工具1の切刃の外周切刃逃げ面1aの全体の刃長Lに均一に改質層19を形成したか判定し、ステップS20で回転工具1の刃数に応じて所定の角度回転させ、ステップS21で回転工具1の刃数の回数だけ処理を行ったか判定し、刃数の回数だけ処理を行っていないとき、ステップS3からのルーチンの処理に戻り、同様の操作を繰返す。ステップS21で回転工具1の刃数の回数だけ処理を行ったと判定したとき、このルーチンを脱する。

【0031】なお、放電加工エネルギーを大きくして、切刃先端が加工されるときは、回転工具1をY軸方向へ移動する際に、図13のように、更に、移動量を多くして切刃先端を表面処理用電極2端面からはみ出させることで放電加工による切刃先端の鈍りを抑制した改質層19を形成することができる。また、この表面処理用電極2の先端面2aに対して回転工具1の切刃先端を位置決めする位置決め方法は、処理する回転工具1の直径Dが異なっても外周切刃逃げ角 $\beta$ と刃長L、回転工具直径、及び、表面処理用電極直径を制御回路15に入力するだけで回転工具1に対する表面処理用電極2の自動位置決めが可能となる。そして、リーマのような切刃が螺旋状に形成されていない回転工具1に対しても、その刃面に対して表面処理用電極2の先端面2aに対して位置決めが可能であり、表面処理用電極2をなぞらせて外周切刃

14

逃げ面1a、すくい面1bに均一な改質層19を形成することができる。

【0032】実施の形態3. 図16は本発明の実施の形態3の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具、2は改質層を形成する成分で形成した表面処理用電極である。3は表面処理用電極2を保持するチャッキング機構、24は回転工具1を保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、回転工具1と表面処理用電極2とをX軸方向またはY軸方向に相対移動させるものである。5は表面処理用電極2をZ軸方向の移動を行う主軸、6は表面処理用電極2の回転を行う回転軸(C軸)、7は表面処理用電極2と共に主軸5を上下方向に駆動するZ軸駆動機構、8は回転軸6を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構、9は電極保持機構24を固定すると共に放電加工用の加工液10を収容する加工槽である。また、11はXテーブル、12はYテーブル、13はX軸駆動機構、14はY軸駆動機構、15は制御回路、16は軌跡移動制御回路、17は極間検出回路、18は放電加工用電源であり、これらは基本的に実施の形態1の構成と相違するものではない。なお、回転工具1と表面処理用電極2とを相対移動させる電極保持機構24及びX軸駆動機構13、Y軸駆動機構14は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0033】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。表面処理用電極2はチャッキング機構3により保持され、主軸5に取付けられる。回転工具1は電極保持機構24に取付けられ回転動作を行う。更に、電極保持機構24は加工液10が満たされた加工槽9内に配設され、Xテーブル11とYテーブル12と共に移動する。制御回路15は電極保持機構24に内蔵する回転用モータを回転制御する。また、X軸駆動機構13、Y軸駆動機構14を制御し、電極保持機構24とXテーブル11とYテーブル12の位置を制御する。表面処理用電極2は回転工具1の切刃の外周切刃逃げ面1aに対向するように設置され、更に、回転工具1はXテーブル、Yテーブル、またはXテーブルとYテーブルにより、水平方向の移動をも行う。このときの水平移動と回転は同期しており、その同期動作は、放電加工される回転工具1の切刃のねじれに沿って表面処理用電極2の放電面、即ち、先端面2aが移動するように主軸5のプラス方向の移動量と回転工具1の回転量が調整される。例えば、ねじれ角 $\theta$ 、刃長L(mm)、直径D(mm)の右ねじれ刃のエンドミルを表面処理する場合には、X軸方向への移動量を刃長Lに等しいとすれば、それに対して、 $\{(360^\circ \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)\}$ の割合でマイナス方向に回転させるという動作を与える。

【0034】なお、X軸プラス方向へエンドミルを移動



15

させるときは、回転工具 1 を逆方向に回転させる。これにより、表面処理用電極 2 の放電面が、回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a、すくい面 1 b との加工開始前の位置関係を維持しながら切刃のねじれに沿って外周切刃逃げ面 1 a、すくい面 1 b 上を往復移動することになる。極間検出回路 1 7 は表面処理用電極 2 と回転工具 1 の位置関係を接触によって検出し、検出される情報は制御回路 1 5 に送られ、表面処理用電極 2 の放電面と回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a、すくい面 1 b が互に対向するように位置決めで使用される。軌跡移動制御回路 1 6 は処理対象の回転工具 1 のねじれ角  $\theta$ 、刃長 L、直径 D、ねじれ刃の情報（右ねじれ、左ねじれ）及び、移動（移動）速度、移動回数が入力されると、放電面が外周切刃逃げ面 1 a をなぞるような指令を制御回路 1 5 に与え、制御回路 1 5 はこの指令に従って X 軸駆動機構 1 3、Y 軸駆動機構 1 4、Z 軸駆動機構 7 及び電極保持機構 2 4 の回転用モータを制御して所望の動作を回転工具 1 に行わせる。即ち、この実施の形態では、実施の形態 1 の表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具 1、改質層 1 9 を形成する成分で形成した表面処理用電極 2 の動作を逆にしたものである。当然、本実施の形態では、放電加工の電気条件設定の際の電極極性は実施の形態 1 の場合と逆になる。

【0035】このようにして、放電部分が加工液 1 0 中に浸漬された状態で、表面処理用電極 2 を回転工具 1 の刃面になぞらせながら、放電加工用電源 1 8 により回転工具 1 と表面処理用電極 2 との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a に改質層 1 9 を形成する。また、加工槽 9 内に設置された表面処理用電極 2 と回転工具 1 の処理部分を加工液 1 0 に浸漬させなくても、放電加工部分に加工液 1 0 を吹きかけながら前述の方法で放電加工することによっても回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a、すくい面 1 b に改質層 1 9 を形成することができる。

【0036】実施の形態 4、図 1 7 は本発明の実施の形態 4 の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。図において、1 は表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具、2 は改質層を形成する成分で形成した表面処理用電極である。3 は回転工具 1 を保持するチャッキング機構、3 4 は表面処理用電極 2 を保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、表面処理用電極 2 と回転工具 1 とを X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向の 1 軸方向または 2 軸方向または 3 軸方向に同時に相対移動させるものである。なお、本発明を実施する場合の電極保持機構 3 4 は、表面処理用電極 2 を Z 軸方向に対して直角に保持できるものに限定されるものではなく、所定の距離離れて Z 軸方向に回動自在なものとして、この場合には、回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a を回転工具 1 の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面 1 a とすることができる。5 は回転

16

工具 1 の Z 軸方向の移動を行う主軸、6 は回転工具 1 の回転を行う回転軸（C 軸）、7 は回転工具 1 と共に主軸 5 を上下方向に駆動する Z 軸駆動機構、8 は回転軸 6 を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構、9 は電極保持機構 3 4 を固定すると共に放電加工用の加工液 1 0 を収容する加工槽である。また、1 1 は X テーブル、1 2 は Y テーブル、1 3 は X 軸駆動機構、1 4 は Y 軸駆動機構、1 5 は制御回路、1 6 は軌跡移動制御回路、1 7 は極間検出回路、1 8 は放電加工用電源であり、これらは基本的に実施の形態 1 の構成と相違するものではない。なお、回転工具 1 と表面処理用電極 2 とを相対移動させる電極保持機構 3 4 及び X 軸駆動機構 1 3、Y 軸駆動機構 1 4 は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0037】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。チャッキング機構 3 により保持された回転工具 1 は、回転軸駆動機構 8 により回転軸 6 と共に回転し、Z 軸駆動機構 7 により主軸 5 と共に上下移動を行う。このとき、上下移動と回転は同期しており、その同期動作は、放電加工される回転工具 1 の切刃のねじれに沿って表面処理用電極 2 の放電面が移動するように主軸 5 の移動量と回転量が設定される。例えば、ねじれ角  $\theta$ 、刃長 L（mm）、直径 D（mm）の右ねじれ刃のエンドミルを表面処理する場合、主軸 5 のマイナス方向への刃長 L に相当する移動量に対して、 $\{ (360^\circ \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D) \}$  の割合でマイナス方向に回転させるという動作を与える。なお、主軸 5 のプラス方向へエンドミルを移動させるときは逆方向へ回転させる。また、表面処理用電極 2 は電極保持機構 3 4 に取付けられて回転している。この回転は、放電加工される回転工具 1 の回転と異なり、所定の定速回転を行えばよい。このときの回転速度は、表面処理用電極 2 の外周面が均一になる程度の速度で放電に影響を及さない速度が望ましい。これにより、表面処理用電極 2 の放電面、即ち、表面処理用電極 2 の長さ方向の外周面が、回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1 a との加工開始前の位置関係を維持しながら切刃のねじれに沿って外周切刃逃げ面 1 a 上を往復移動される。更に、回転工具 1 を回転上下動させながら、表面電極に沿ってその軸方向へ往復運動させるような相対動作を行う。特に、この実施の形態では表面処理用電極 2 を回転させることにより、表面処理用電極 2 の磨耗の影響を少なくでき、かつ、表面処理用電極 2 の外周が均一化でき、仕上げ精度を上げることができる。

【0038】このように、放電部分が加工液中に浸漬された状態で、表面処理用電極 2 の外周面によって回転工具 1 の刃面になぞらせながら、放電加工用電源 1 8 により回転工具 1 と表面処理用電極 2 との間に電圧を印加して放電を発生させることにより、表面処理用電極 2 の外周面全体が加工に使用され、表面処理用電極 2 が部分的

17

に消耗することが無くなり、回転工具1の外周切刃逃げ面1aに改質層19が均一に形成できる。また、加工槽9内に設置された表面処理用電極2と回転工具1の処理部分を加工液10に浸漬させなくても、放電加工部分に加工液10を吹きかけながら前述の方法で放電加工することによっても回転工具1の外周切刃逃げ面1a、すくい面1bに改質層19を形成することができる。また、表面処理用電極2が電極保持機構34によって所定の角度傾けることにより、外周切刃逃げ面1aに生成する改質層19に所定の角度を持たせることができる。この所定の角度は、重複する説明を省略するが、図14及び図15のフローチャートのステップS16で設定すればよい。

【0039】実施の形態5、図18は本発明の実施の形態5の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等のエキセントリック刃付けがなされた回転工具、2Aは改質層を形成する成分で形成した薄い円柱状、即ち、扁平円柱状の表面処理用電極であり、回転工具1との接触により機械的研削処理ができるものである。3は回転工具1を保持するチャッキング機構、44は表面処理用電極2Aを保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、表面処理用電極2Aと回転工具1とをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の1軸方向または2軸方向または3軸方向に同時に相対移動させるものである。なお、本発明を実施する場合の電極保持機構44は、表面処理用電極2AをZ軸方向に対して直角に保持できるものに限定されるものではなく、所定の距離離れてZ軸方向に回動自在なものとすることができ、この場合には、回転工具1の外周切刃逃げ面1aを回転工具1の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面1aとすることができる。5は回転工具1のZ軸方向の移動を行う主軸、6は回転工具1の回転を行う回転軸(C軸)、7は回転工具1と共に主軸5を上下方向に駆動するZ軸駆動機構、8は回転軸6を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構、9は電極保持機構44を固定すると共に放電加工用の加工液10を収容する加工槽である。また、11はXテーブル、12はYテーブル、13はX軸駆動機構、14はY軸駆動機構、15は制御回路、16は軌跡移動制御回路、17は極間検出回路、18は放電加工用電源であり、これらは基本的に実施の形態1の構成と相違するものではない。なお、回転工具1と表面処理用電極2Aとを相対移動させる電極保持機構44及びZ軸駆動機構7は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0040】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。チャッキング機構3により保持された回転工具1は、回転軸駆動機構8により回転軸6と共に回転し、Z軸駆動機構7により主軸5と共に上下移動を行う。このとき、上下移動と回転は同

18

期しており、その同期動作は、放電加工される回転工具1の切刃のねじれに沿って表面処理用電極2Aの放電面が移動するように主軸5の移動量とその回転量が設定される。例えば、ねじれ角 $\theta$ 、刃長L(mm)、直径D(mm)の右ねじれ刃のエンドミルを表面処理する場合、主軸マイナス方向への刃長Lに相当する移動量に対して、 $\{(360^\circ \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)\}$ の割合でマイナス方向に回転させるという動作を与える。なお、主軸5のプラス方向へエンドミルを移動させるときは逆方向へ回転させる。表面処理用電極2Aは改質層19を形成する成分を持った材料が薄い円柱状に形成されており、その中心を回転中心として電極保持機構44に取付けられ回転する。この回転は、放電加工される回転工具1の回転と異なり、所定の定速回転を行えばよい。この回転速度は、表面処理用電極2Aの外周面が均一になる程度の速度で放電に影響を及さない速度が望ましい。このとき、表面処理用電極2Aの放電面は、回転工具1の外周切刃逃げ面1aとの加工開始前の位置関係を維持しながら、切刃のねじれに沿って外周切刃逃げ面1a上を往復移動する。更に、回転工具1を回転し、かつ、上下動させながら、表面電極に沿ってその軸方向へ往復運動させるような相対動作を行う。

【0041】このようにして、放電部分が加工液中に浸漬された状態で、表面処理用電極2Aを処理刃面になぞらせながら、放電加工用電源18により回転工具1と表面処理用電極2Aとの間に電圧を印加して放電を発生させることにより、径の大きい円板状の表面処理用電極2Aの全体の外周が加工に使用され、表面処理用電極2Aが部分的に消耗することが無くなり、回転工具1の外周切刃逃げ面1aにエキセントリック刃付けがなされた改質層19が均一に形成される。そして、表面処理用電極2Aを処理刃面に放電が発生しないとき、即ち、極間検出回路17が接触を検出しているとき、径の大きい円板状の表面処理用電極2Aにより改質層19が研削され、回転工具1の外周切刃逃げ面1aにエキセントリック刃付けがなされた改質層19が均一に形成され、その刃先の先端が尖鋭になる。なお、加工槽9内に設置された表面処理用電極2Aと回転工具1の処理部分を加工液10に浸漬させなくても、放電加工部分に加工液10を吹きかけながら放電加工することによっても、回転工具1の外周切刃逃げ面1a、すくい面1bに改質層19を形成することができる。このときのエキセントリック刃付けを行う角度は、重複する説明を省略するが、図14及び図15のフローチャートのステップS16で設定することになる。

【0042】実施の形態6、図19は本発明の実施の形態6の放電加工による表面処理装置の要部構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具、2Bは改質層を形成する成分で形成した表面処理用電極で、所定の厚みのコーン状の形状に形



成されており、回転工具1との接触により機械的研削処理ができるものである。5は回転工具1のZ軸方向の移動を行う主軸、54は表面処理用電極2Bを保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、表面処理用電極2Bと回転工具1とをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の1軸方向または2軸方向または3軸方向に同時に相対移動させるものである。なお、本発明を実施する場合の電極保持機構54は、表面処理用電極2BをZ軸方向に対して直角に保持できるものに限定されるものではなく、所定の距離離れてZ軸方向に回転自在なものとすることができ、この場合には、回転工具1の外周切刃逃げ面1aを回転工具1の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面1aとすることができる。なお、図において省略されているが、機械的構成及び電気的構成は、基本的に実施の形態1の構成と相違するものではない。また、回転工具1と表面処理用電極2Bとを相対移動させる電極保持機構54及びZ軸駆動機構7は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0043】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。改質層19を形成する成分を持った材料がコーン形状に成形された表面処理用電極2Bの中心は、回転軸駆動機構8の回転軸に取付けられている。また、表面処理用電極2Bの回転工具1に対向する切刃のねじれに沿って表面処理を行う表面処理用電極2Bの回転環状面の径は、回転工具1の刃長よりも長い直径に設定され、表面処理用電極2Bの回転環状面に回転工具1が1箇所のみ近接するように設定される。一方、回転工具1は、図示しない回転軸駆動機構8により回転軸6と共に回転し、Z軸駆動機構7により主軸5と共に上下移動を行う。このとき、回転工具1の上下移動とその回転は同期しており、その同期動作は、放電加工される回転工具1の切刃のねじれに沿って表面処理用電極2Bの回転環状面の放電面が移動するように、主軸5の移動量とその回転量が設定される。更に、電極保持機構54は加工液10が満たされた加工槽9内に設置される。極間検出回路17は表面処理用電極2Bと回転工具1の位置関係を接触によって検出し、検出された情報は制御回路15に送られ、表面処理用電極2Bの側面と回転工具1の外周切刃逃げ面1a、すくい面1bが互いに対向するように位置決め使用される。軌跡移動制御回路16は処理対象の回転工具1のねじれ角 $\theta$ 、刃長L(mm)、直径D(mm)、ねじれ刃の情報(右ねじれ、左ねじれ)、移動速度、処理回数が入力されると、右ねじれ刃のエンドミルを表面処理する場合、主軸マイナス方向への刃長Lに相当する移動量に対して、 $\{(360^\circ \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)\}$ の割合でマイナス方向に回転させるという動作を与え、放電面が切刃逃げ面1aをなぞるような指令を制御回路15に与え、制御回路15はこの指令に従ってX軸駆動機構13、Y軸駆動機構14、Z軸駆動機構7及び電極保持

機構54の回転数を制御して所望の回転移動動作を回転工具1に行わせる。

【0044】このようにして、表面処理用電極2Bと処理刃面との間に放電を発生させることにより外周切刃逃げ面1aに改質層19を形成し、表面処理用電極2Bを処理刃面に放電が発生しないとき、径の大きいコーン状の表面処理用電極2Bにより改質層19が研削され、回転工具1の外周切刃逃げ面1aに改質層19が均一に形成され、その刃先の先端が尖鋭になる。即ち、放電部分が加工液10の中に浸漬された状態で、表面処理用電極2Bを回転させながら回転工具1の外周切刃逃げ面1aに接触させて切刃先端を表面処理用電極2Bで研削、または、研磨を行う。更に、同時に、表面処理用電極2Bと処理刃面との間に電圧を印加して放電を発生させることにより外周切刃逃げ面1aに改質層19を形成する。また、加工槽9内に設置された表面処理用電極2Bと回転工具1の処理部分を加工液10に浸漬させなくても、放電加工部分に加工液10を吹きかけながら放電加工することによっても回転工具1の外周切刃逃げ面1aに改質層19を形成することができる。また、表面処理用電極2Bの形状はコーン状以外にも円板形のもの、或いはカップ砥石と同じ形状のものを使用してもよい。また、電極保持機構54と回転工具1の外周切刃逃げ面1aとの接触斯を設定することにより、エキセントリック刃付けがなされた改質層19を均一に形成し、かつ、刃先の先端を尖鋭にすることができる。なお、このとき、エキセントリック刃付けを行う角度は、重複する説明を省略するが、図14及び図15のフローチャートのステップS16で設定することになる。

【0045】実施の形態7。図20は本発明の実施の形態7の放電加工による表面処理装置の要部構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等のエキセントリック刃付けがなされた回転工具、2Cは改質層19を形成する成分で形成した表面処理用電極で、所定の厚みの円板状の形状に形成されており、回転工具1との接触により機械的研削処理ができるものである。5は回転工具1をZ軸方向の移動を行う主軸、64は表面処理用電極2Cを保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、表面処理用電極2Cと回転工具1とをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の1軸方向または2軸方向または3軸方向に同時に相対移動させるものである。なお、本発明を実施する場合の電極保持機構64は、表面処理用電極2CをZ軸方向に対して直角に保持できるものに限定されるものではなく、所定の距離離れてZ軸方向に回転自在なものとすることができ、この場合には、回転工具1の外周切刃逃げ面1aを回転工具1の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面1aとすることができる。なお、図において省略されているが、機械的構成及び電気的構成は、基本的に実施の形態1の構成と相違するものではない。また、

21

回転工具1と表面処理用電極2Cとを相対移動させる電極保持機構64及びZ軸駆動機構7は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0046】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。チャッキング機構3にエキセントリック刃付けがなされた回転工具1を取付ける。実施の形態2に基づき、表面処理用電極2Cと回転工具1の切刃先端処理面との位置決めを行う。更に、表面処理用電極2Cはその表面処理用電極2Cの中心線A-Aと回転工具1の中心線O-Oに対して図20に示すように、傾斜角 $\alpha$ だけ傾けて設置する。この表面処理用電極2Cの傾斜角 $\alpha$ は回転工具1の直径Dにより異なり、公知の機械研削盤においてエキセントリック刃付けが形成される角度にすればよい。例えば、回転工具1の直径Dが10mmのエンドミルでは傾斜角は9度程度とする。或いは、図20において、 $\tan \alpha = \tan \beta \times \tan \theta$ から算出される角度 $\alpha$ としもよい。ただし、 $\beta$ は外周切刃逃げ角、 $\theta$ はねじれ角である。本実施の形態の表面処理用電極2Cの上下移動方法に従って、表面処理用電極2Cが回転工具1の切刃先端をなぞりながら放電加工し、処理する回転工具1の刃数に応じて同様の処理を繰り返す。この方法により、エキセントリック刃付けがなされた回転工具1の切刃に対して均一な改質層19が生成できる。更に、処理対象の回転工具1がその刃形がフラット刃付けされた回転工具1の場合、前述の手順で回転工具1の切刃先端と表面処理用電極2Cの位置決めを行い、実施の形態1の回転工具1と表面処理用電極2の相対回転移動方法に従って、表面処理用電極2Cが回転工具1切刃先端をなぞりながら放電加工する。このとき、放電によって母材、即ち、回転工具1の切刃先端が除去加工される程度の放電エネルギーで加工を行うことにより、処理刃面に改質層19を形成しつつ、フラット刃付けの外周切刃逃げ面からエキセントリック刃付けの外周切刃逃げ面をもつ回転工具1が形成できる。この処理についても処理対象の回転工具1の刃数に応じて繰り返す。なお、このとき、エキセントリック刃付けを行う角度 $\alpha$ は、重複する説明を省略するが、図14及び図15のフローチャートのステップS16で設定することになる。

【0047】実施の形態8、図21は本発明の実施の形態8の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等のエキセントリック刃付けがなされた回転工具、2Dは改質層を形成する成分で形成した表面処理用電極で、所定の厚みの円板状の形状に形成されており、回転工具1との接触により機械的研削処理ができるものである。74は回転工具1を保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、表面処理用電極2Dと回転工具1とをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の1軸方向または2軸方向または3軸方向に同時に相対移動させ

22

るものである。なお、本発明を実施する場合の電極保持機構74は、表面処理用電極2DをZ軸方向に対して直角に保持できるものに限定されるものではなく、所定の距離離れてZ軸方向に回転自在なものとすることができ、この場合には、回転工具1の外周切刃逃げ面1aを回転工具1の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面1aとすることができる。

【0048】なお、3は表面処理用電極2Dを保持するチャッキング機構、5は表面処理用電極2DをZ軸方向の移動を行う主軸、6は表面処理用電極2Dの回転を行う回転軸（C軸）、7は表面処理用電極2Dと共に主軸5を上下方向に駆動するZ軸駆動機構、8は回転軸6を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構、9は電極保持機構74を固定すると共に放電加工用の加工液10を収容する加工槽、11はXテーブル、12はYテーブル、13はX軸駆動機構、14はY軸駆動機構、15は制御回路、16は軌跡移動制御回路、17は極間検出回路、18は放電加工用電源であり、これらは基本的に実施の形態7の構成と相違するものではない。また、回転工具1と表面処理用電極2Dとを相対移動させる電極保持機構74及びZ軸駆動機構7は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0049】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。チャッキング機構3に改質層19を形成する成分からなり、所定の厚みの円板状の形状に表面処理用電極2Dを取付ける。図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構74で、エキセントリック刃付けがなされた回転工具1を取付ける。そして、回転工具1と表面処理用電極2Dの切刃先端処理面との位置決めを行う。このとき、回転工具1はその回転工具1の中心線O-O（図20参照）と表面処理用電極2Dの中心線A-A（図20参照）に対して、所定の傾斜角だけ傾けて設置する。この回転工具1の傾斜角は、回転工具1の直径Dにより異なる。或いは、図20に示すように、 $\tan \alpha = \tan \beta \times \tan \theta$ から算出される角度 $\alpha$ としもよい。ただし、 $\beta$ は外周切刃逃げ角、 $\theta$ はねじれ角である。実施の形態1の回転工具1の上下移動方法に従って、表面処理用電極2Dで回転工具1の切刃先端をなぞりながら放電加工し、処理する回転工具1の刃数に応じて同様の処理を繰り返す。この方法により、エキセントリック刃付けがなされた表面処理用電極2Dの切刃に対して均一な改質層19が形成できる。更に、処理対象の回転工具1の刃形がフラット刃付けされた回転工具1の場合、前述の手順で回転工具1の切刃先端と表面処理用電極2Dの位置決めを行い、実施の形態1の表面処理用電極2と回転工具1の相対回転移動方法に従って、表面処理用電極2Dが回転工具1の切刃先端をなぞりながら放電加工する。このとき、放電によって母材、即ち、回転工具1の切刃先端が除去加工される程度の放電エネルギーで加工を行うことにより、処理刃

23

面に改質層19を形成しつつ、フラット刃付けの外周切刃逃げ面1aからエキセントリック刃付けの外周切刃逃げ面1aをもつ回転工具1が形成できる。この処理を処理対象の回転工具1の刃数に応じて繰返す。なお、このとき、エキセントリック刃付けを行う角度 $\alpha$ は、重複する説明を省略するが、図14及び図15のフローチャートのステップS16で設定することになる。

【0050】実施の形態9. 図22は本発明の実施の形態9の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等のエキセントリック刃付けがなされた回転工具、2Eは改質層19を形成する成分で形成した表面処理用電極で、所定の長さの円柱状に形成されており、回転工具1との接触により機械的研削処理ができるものである。84は表面処理用電極2Eを保持する図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で、表面処理用電極2Eと回転工具1とをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の1軸方向または2軸方向または3軸方向に同時に相対移動させるものである。電極保持機構84はZ軸方向に回転自在なものである。回転工具1の外周切刃逃げ面1aを回転工具1の中心軸に対して所定の角度を持った外周切刃逃げ面1aとすることができる。なお、3は回転工具1を保持するチャッキング機構、5は回転工具1をZ軸方向の移動を行う主軸、6は回転工具1の回転を行う回転軸(C軸)、7は回転工具1と共に主軸5を上下方向に駆動するZ軸駆動機構、8は回転軸6を回転させるモータ等からなる回転軸駆動機構、9は電極保持機構84を固定すると共に放電加工用の加工液10を収容する加工槽、11はXテーブル、12はYテーブル、13はX軸駆動機構、14はY軸駆動機構、15は制御回路、16は軌跡移動制御回路、17は極間検出回路、18は放電加工用電源であり、これらは基本的に実施の形態1の構成と相違するものではない。また、回転工具1と表面処理用電極2Eとを相対移動させる電極保持機構84及びZ軸駆動機構7は、本実施の形態の相対移動駆動機構を構成している。

【0051】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。図示されない回転用モータを内蔵する電極保持機構で表面処理用電極2Eを保持し、表面処理用電極2Eを傾斜角度 $\alpha$ の仰角に設定する。即ち、表面処理用電極2Eはその中心線A-Aと回転工具1の中心線O-Oに対して図22に示すように、傾斜角 $\alpha$ だけ傾けて設置する。そして、チャッキング機構3にエキセントリック刃付けがなされた回転工具1を取付ける。実施の形態2に基づき、表面処理用電極2Eと回転工具1の切刃先端処理面との位置決めを行う。この表面処理用電極2Eの傾斜角 $\alpha$ は、回転工具1の直径Dにより異なり、公知の機械研削盤においてエキセントリック刃付けが形成される角度にすればよい。例えば、回転工具1の直径Dが10mmのエンドミルでは

24

傾斜角は9度程度とする。或いは、図22において、 $\tan \alpha = \tan \beta \times \tan \theta$ から算出される傾斜角 $\alpha$ としもよい。ただし、 $\beta$ は外周切刃逃げ角、 $\theta$ はねじれ角である。実施の形態1の表面処理用電極2Eの上下移動方法に従って、表面処理用電極2Eが回転工具1の切刃先端をなぞりながら放電加工し、処理する回転工具1の刃数に応じて同様の処理を繰返す。この方法により、エキセントリック刃付けがなされた回転工具1の切刃に対して均一な改質層19が形成できる。更に、処理対象の回転工具1がその刃形がフラット刃付けされた回転工具1の場合、前述の手順で回転工具1の切刃先端と表面処理用電極2Eの先端面2aとの位置決めを行い、実施の形態1の回転工具1と表面処理用電極2の先端面2aとの相対回転移動方法に従って、表面処理用電極2Eが回転工具1の切刃先端をなぞりながら放電加工する。このとき、放電によって母材、即ち、回転工具1の切刃先端が除去加工される程度の放電エネルギーで加工を行うことにより、処理刃面に改質層19を形成しつつ、フラット刃付け外周切刃逃げ面からエキセントリック刃付けの外周切刃逃げ面1aをもつ回転工具1が形成できる。この処理を処理対象の回転工具1の刃数に応じて繰返す。なお、このとき、エキセントリック刃付けを行う角度 $\alpha$ は、重複する説明を省略するが、図14及び図15のフローチャートのステップS16で設定することになる。

【0052】実施の形態10. 図23は本発明の実施の形態10の放電加工による表面処理装置の要部構成図である。図において、1は表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具、2は改質層を形成する成分で形成した表面処理用電極で、所定の長さの円柱状に形成されている。4は表面処理用電極2を保持する電極保持機構で、表面処理用電極2と回転工具1とをX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の1軸方向または2軸方向または3軸方向に同時に相対移動させるものである。26は表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具1の刃数にねじれ溝1cの形状に合致した突部を有し、回転工具1の刃部のすくい角1bの面に密着して挿着される補助部材である。補助部材26は、表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具1にねじれを有しない場合には、ねじれ溝1cの形状が直線状となる溝に合致した突部を有し、回転工具1の刃部のすくい角1bの面に密着して挿着されるものとなる。補助部材26を表面処理を施すエンドミルやドリル等の回転工具1のねじれ溝1cに挿着した状態では、切刃逃げ面1aに連続した面を形成する。なお、図において省略されているが、機械的構成及び電気的構成は、基本的に実施の形態1の構成と相違するものではない。

【0053】次に、本実施の形態の放電加工による表面処理装置の動作について説明する。まず、前述の実施の形態のチャッキング機構3により回転工具1を保持する。この回転工具1のねじれ溝1cに対し、補助部材2

25

6を挿着し、補助部材26の外周面によって回転工具1の切刃逃げ面1aに連続した面を形成する。そして、チャッキング機構3により保持された回転工具1及び補助部材26は、回転軸駆動機構8により回転軸6と共に回転し、Z軸駆動機構7により主軸5と共に上下移動を行う。このとき、上下移動と回転は同期しており、その同期状態は、放電加工される回転工具1の切刃のねじれ角 $\theta$ に沿って表面処理用電極2の放電面が移動するように主軸移動量とその回転量が設定されている。例えば、ねじれ角 $\theta$ 、刃長L(mm)、直径D(mm)の右ねじれ刃のエンドミルを表面処理する場合、主軸マイナス方向への移動量、即ち、エンドミルの先端からチャッキング機構3の方向の刃長Lに相当する移動量とすると、

$\{(360^\circ \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)\}$ との一定の割合でマイナス方向に右回転させるという関係を維持する。このとき、表面処理用電極2の放電面が、回転工具1の外周切刃逃げ面1aとの加工開始前の位置関係を維持しながら切刃のねじれに沿って外周切刃逃げ面1a上を移動することになるが、表面処理用電極2の先端面2aと回転工具1の切刃逃げ面1aとの関係においては、表面処理用電極2の先端面2aが回転工具1の切刃逃げ面1aの切刃先端を越えて対向するようにする。

【0054】このようにして、放電部分が加工液10中に浸漬された状態で、表面処理用電極2を処理刃面になぞらせながら、放電加工用電源18により回転工具1と表面処理用電極2との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具1の外周切刃逃げ面1aに改質層19を形成することができる。このとき、図23のように、補助部材26を外周切刃逃げ角 $\beta$ と面一になるようにすくい面1bに密着させているから、表面処理用電極2の先端面2aと刃面との間で放電加工して、改質層19を形成した後、補助部材26を取除くと、放電による切刃先端の鈍りを生じさせず、回転工具1の切刃逃げ面1aの切刃先端面まで改質層19を形成することができる。また、すくい角1b側からみれば、すくい角1bにも改質層19を形成することになる。即ち、表面処理用電極2の電極放電面が切刃先端よりはみ出しても、回転工具1の切刃先端部分に対する放電集中を減少させるから、切刃先端形状の鈍り等を抑えることができる。なお、上記各実施の形態の相対移動駆動機構は、回転工具1と表面処理用電極2とを相対移動させる回転軸駆動機構8及びZ軸駆動機構7からなるものであるが、本発明を実施する場合には、表面処理用電極2を保持する電極保持機構4との相対的に移動できるように制御できればよい。

【0055】ところで、上記各実施の形態の放電加工による表面処理装置は、回転工具1と表面処理用電極2との相対移動は、回転工具1の切刃のねじれ角 $\theta$ 、改質層19を生成する刃長L、工具直径Dとすると、回転工具1の軸方向の前記刃長分の送りに対して $(360 \times L$

26

$\times \tan \theta) / (\pi \times D)$ の回転関係を維持することによって、回転工具1の切刃と表面処理用電極2とを相対移動させるものであるが、回転工具1をその軸方向の移動速度よりも回転速度を速くし、回転工具1の外周切刃逃げ面1aが対向したときのみ放電加工することもできる。また、回転工具1の外周をその長さ方向に繰返し、平行移動させて、放電加工することもできる。即ち、上記各実施の形態の放電加工による表面処理装置は、回転工具1の切刃に改質材料からなる表面処理用電極2、2A~2Eによって改質層19を生成する放電加工による表面処理装置において、回転工具1との間の放電により、回転工具1の切刃に改質層19を生成する改質材料からなる表面処理用電極2と、回転工具1を回転させ、回転工具1の切刃に対向するように、回転工具1と表面処理用電極2とを相対移動させる回転軸駆動機構8及びZ軸駆動機構7、または電極保持機構24及びX軸駆動機構13、Y軸駆動機構14、または電極保持機構34及びX軸駆動機構13、Y軸駆動機構14、または電極保持機構44及びZ軸駆動機構7、または電極保持機構54及びZ軸駆動機構7、または電極保持機構64及びZ軸駆動機構7、または電極保持機構74及びZ軸駆動機構7からなる相対移動駆動機構と、回転工具1の切刃と表面処理用電極2との間に電圧を印加する放電加工用電源18とを具備する構成として実施できる。

【0056】この構成を採用することによって、回転工具1の切刃に改質材料からなる表面処理用電極2によって改質層19を生成する放電加工による表面処理方法において、回転工具1の切刃に沿って表面処理用電極2を対向させ、回転工具1と表面処理用電極2を相対移動させ、かつ、回転工具1の切刃と表面処理用電極2との間に放電を発生させ、回転工具1の切刃に改質層19を生成する方法を採用することができる。したがって、回転工具1を回転させ、回転工具1の切刃に対向するように、回転工具1と表面処理用電極2とを相対移動させる回転軸駆動機構8及びZ軸駆動機構7からなる相対移動駆動機構によって相対移動させ、放電加工用電源18により回転工具1と表面処理用電極2との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具1の外周切刃逃げ面1a、すくい面1bに改質層19を形成することができる。このとき、改質層19を回転工具1の切刃先端に均一に形成でき、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させ、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。

【0057】また、上記各実施の形態の放電加工による表面処理装置は、回転工具1の切刃に改質材料からなる表面処理用電極2によって改質層19を生成する放電加工による表面処理装置において、回転工具1との間の放電により、回転工具1の切刃に改質層19を生成する改質材料からなる表面処理用電極2と、回転工具1を回転

させ、回転工具 1 の切刃に対向するように、回転工具 1 と表面処理用電極 2 とを相対移動させる回転軸駆動機構 8 及び Z 軸駆動機構 7 からなる相対移動駆動機構と、回転工具 1 の切刃と表面処理用電極 2 との間に電圧を印加する放電加工用電源 18 と、回転工具 1 と表面処理用電極 2 との間の極間電圧を検出する極間検出回路 17 と、極間検出回路 17 の出力によって、回転工具 1 の切刃と表面処理用電極 2 との間に発生する放電を制御する制御回路 15 とを具備する構成として実施できる。この構成を採用することによって、表面処理用電極 2 と回転工具 1 の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、回転工具 1 の外周切刃逃げ角  $\beta$  とすくい角  $\gamma$  との何れか 1 つ以上と表面処理用電極 2 の直径 D とを補正の情報として位置補正し、回転工具 1 と表面処理用電極 2 の位置を決定し、表面処理用電極 2 を回転工具 1 の切刃に沿って対向させて回転工具 1 と表面処理用電極 2 を相対移動させ、回転工具 1 の切刃と表面処理用電極 2 との間に放電を発生させ、回転工具 1 の切刃に改質層 19 を生成する制御を行う方法を採用することができる。即ち、まず、処理対象の回転工具 1 の切刃先端と表面処理材料を円柱、角柱電極等の単純形状に成形した表面処理用電極 2 との位置決めを行い、処理切刃先端と表面処理用電極 2 との接触状態を検知することにより、切刃先端処理面と表面処理用電極 2 の放電面との位置関係を検出し、切刃先端処理面と表面処理用電極 2 の放電面が所定の位置関係になるように互いの位置を自動的に修正する。その後、螺旋状または直線状の切刃に対して、表面処理用電極 2 を刃面になぞらせるようにしながら放電加工面を一定速度で移動させることにより回転工具 1 の切刃全長に改質層 19 を形成する。したがって、回転工具 1 を回転させ、回転工具 1 の切刃に対向するように、回転工具 1 と表面処理用電極 2 とを相対移動させる例えば、回転軸駆動機構 8 及び Z 軸駆動機構 7 等からなる相対移動駆動機構によって相対移動させ、放電加工用電源 18 により回転工具 1 と表面処理用電極 2 との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1a、すくい面 1b に改質層 19 を形成することができる。特に、制御回路 15 は極間検出回路 17 の出力によって、回転工具 1 の切刃と表面処理用電極 2 との間に発生する放電を制御するものであるから、安定した放電が維持でき、回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1a、すくい面 1b に改質層 19 を均一化できる。

【0058】上記実施の形態 3 乃至実施の形態 9 は、回転工具 1 の切刃に改質材料からなる表面処理用電極 2 によって改質層 19 を生成する放電加工による表面処理方法において、表面処理用電極 2 を円板形状或いはコーン形状とし、表面処理用電極 2 と回転工具 1 の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、回転工具 1 の外周切刃逃げ角  $\beta$  とすくい角  $\gamma$  との何れか 1 つ以上と表面処理用電極 2 の直径 d とを補正の情報として位置補正し、回転

工具 1 と表面処理用電極 2 の位置を決定し、円板形状の表面処理用電極 2 を回転させながら、回転工具 1 の切刃に沿って対向させて回転工具 1 と表面処理用電極 2 を相対移動させ、回転工具 1 の切刃と表面処理用電極 2 との間に放電を発生させ、回転工具 1 の切刃に改質層 19 を生成すると共に、表面処理用電極 2 を使用する研削加工により回転工具 1 の切刃の切刃先端形状を鋭利に成形するものである。

【0059】したがって、表面処理用電極 2 と回転工具 1 との放電加工を行う最適位置を自動設定でき、自動で表面処理用電極 2 を処理刃面になぞらせながら、回転工具 1 と表面処理用電極 2 との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具 1 の切刃に改質層 19 を形成することができ、改質層 19 を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させ、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる。また、回転工具 1 の切刃に形成した改質層 19 を更に切削することにより回転工具 1 の切刃の切刃先端形状を鋭利に成形することができる。そして、回転工具 1 または表面処理用電極 2 の一方を固定し、他方を移動するものであるから、従来の型彫放電加工機がそのまま使用でき、かつ、回転工具 1 の回転上下動作により、直線または螺旋溝状に形成された回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1a に対して切刃をなぞりながら加工を行うものであるから、その処理機構を簡単化できる。更に、表面処理用電極 2 と回転工具 1 の切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係に位置決めするようにしたため、表面処理用電極 2 や処理対象回転工具 1 が変化しても対処でき、表面処理用電極 2 と回転工具 1 の切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係になるように補正するようにしたため、位置設定にばらつきがなく、処理結果のばらつきを抑えることができる。

【0060】上記実施の形態 4 乃至実施の形態 9 は、回転工具 1 の切刃に改質材料からなる表面処理用電極 2 によって改質層 19 を生成する放電加工による表面処理方法において、表面処理用電極 2 の放電面と回転工具 1 の切刃の外周切刃逃げ面 1a とのなす角  $\alpha$  を回転工具 1 の外周切刃逃げ面 1a にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、回転工具 1 の切刃に沿って表面処理用電極 2 と回転工具 1 の切刃とが相対的に移動しながら、回転工具 1 の切刃と表面処理用電極 2 との間に放電を発生させ、回転工具 1 のエキセントリック刃付けされた外周切刃逃げ面 1a に対して改質層 19 を生成するものである。したがって、エキセントリック刃付けされた回転工具 1 と表面処理用電極 2 との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具 1 の切刃に改質層 19 を形成することができ、放電加工のみで回転工具 1 の特性に合致した改質が可能であり、工具寿命を大幅に向上させる改質層 19 を工具切刃先端に均一に形成でき、か

29

つ、切刃の切れ味を向上させる。そして、回転工具1または表面処理用電極2の一方を固定し、他方を移動するものであるから、従来の型彫放電加工機がそのまま使用でき、かつ、回転工具1の回転上下動作により、直線または螺旋溝状に形成された回転工具1の外周切刃逃げ面1aに対して切刃をなぞりながら加工を行うものであるから、その処理機構を簡単化できる。

【0061】上記実施の形態4乃至実施の形態9は、回転工具1の切刃に改質材料からなる表面処理用電極2によって改質層19を生成する放電加工による表面処理方法において、表面処理用電極2の放電面と回転工具1の切刃の外周切刃逃げ面1aとのなす角を回転工具1の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、回転工具1の切刃に沿って表面処理用電極2と回転工具1の切刃とが相対的に移動しながら、回転工具1の切刃と表面処理用電極2との間に放電を発生させ、回転工具1の母材が加工される程度の放電エネルギーで放電加工を行うことにより、回転工具1の外周切刃逃げ面1aに改質層19を生成し、かつ、外周切刃逃げ面1aにエキセントリック刃付けを生成するものである。したがって、エキセントリック刃付けされていない回転工具1と表面処理用電極2との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具1の切刃にエキセントリック刃付けされた改質層19を形成することができ、放電加工のみで回転工具1の特性を改善でき、かつ、工具寿命を大幅に向上させる改質層19を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。特に、回転工具1の母材をも加工する放電エネルギーで放電加工することにより、機械式研削装置を使用せずに外周切刃逃げ面がフラット刃付けの刃部からエキセントリック刃付けを形成でき、再研削コスト等を低減させることができる。また、回転工具1または表面処理用電極2の一方を固定し、他方を移動するものであるから、従来の型彫放電加工機がそのまま使用でき、かつ、回転工具の回転上下動作により、直線または螺旋溝状に形成された回転工具1の外周切刃逃げ面に対して切刃をなぞりながら加工を行うものであるから、その処理機構を簡単化できる。即ち、回転工具1を構成する母材をも加工する電気条件で加工するようにしたため、機械式研削機構を使用せずに外周切刃逃げ面がフラット刃付けの刃部からエキセントリック刃付けを形成できる。

【0062】上記実施の形態10は、回転工具1の切刃に改質材料からなる表面処理用電極2によって改質層19を生成する放電加工による表面処理方法において、回転工具1の切刃の外周切刃逃げ面1aと面一で、かつ、すくい面1bに対して密に接合する補助部材26を取付けた状態で、回転工具1の切刃及び補助部材26と改質材料からなる表面処理用電極2との間に放電を発生させると共に、回転工具1の切刃に沿って表面処理用電極2を相対的に移動することにより、外周切刃逃げ面1aに

30

改質層19を生成し、その後、補助部材26を除去するものである。したがって、処理切刃先端に対して補助部材26をあてることにより、放電による切刃先端の鈍りを生じさせないようにしているので、処理する回転工具1の切れ味を低下させずに工具寿命を延長させることができる。

【0063】上記各実施の形態は、回転工具1の切刃に改質材料からなる表面処理用電極2によって改質層19を生成する放電加工による表面処理方法において、回転工具1と表面処理用電極2との相対移動は、回転工具1の切刃のねじれ角 $\theta$ 、改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とすると、回転工具の軸方向の刃長分の送りに対して $(360 \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)$ の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させるものである。処理対象の回転工具1のねじれ角 $\theta$ 、刃長 $L$ 、直径 $D$ 、刃のねじれ方向から回転工具1の処理面と表面処理用電極2の相対的な軌跡が得られるから、その軌跡生成を容易にすることができる。また、表面処理用電極面2と回転工具1の処理面が一定速度で移動するから、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具逃げ面1aに生成される改質層19の膜厚さ、面粗さ等を均一にできる。また、処理する回転工具1のねじれ角 $\theta$ と刃長 $L$ 等を軌跡生成のデータとしているため、螺旋状の切刃を持たない回転工具1に対しても対応できる。

【0064】上記実施の形態1乃至実施の形態3等の回転工具1の切刃に改質層19を生成する表面処理用電極2は、表面処理用電極2を回転工具1の切刃に対向する特定角度に固定したものであるから、表面処理用電極2を保持する機構を最も単純化することができる。

【0065】上記実施の形態4乃至実施の形態9等の放電加工による表面処理装置は、回転工具1の切刃に改質層19を生成する表面処理用電極2は、表面処理用電極2を回転工具1の切刃に対向させ、かつ、その傾斜角 $\alpha$ を設定できるものであるから、回転工具1の処理切刃面に対して表面処理用電極2の設置角度を自由に設定でき、切刃の外周切刃逃げ面1aがフラット刃付けまたはエキセントリック刃付けの回転工具1に対しても対応できる。

【0066】上記実施の形態4乃至実施の形態9等の放電加工による表面処理装置は、回転工具1の切刃に改質層19を生成する表面処理用電極2は、表面処理用電極2を回転させるものであるから、表面処理用電極2を回転させることにより、表面処理用電極2の放電加工による磨耗の影響力を少なくでき、かつ、表面処理用電極2の外周が均一化でき、仕上げ精度を上げることができる。逆に、機械的研削を行わせたり、エキセントリック刃付けを行うことができる。そして、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具1の外周切刃逃げ面に生成される改質層19の膜厚さや面粗さ等を均一にで



きる。

【0067】なお、上記実施の形態において、切削、放電の連続プロセスを維持するためには、回転切削工具1の相対移動速度（送り速度）の制御が重要となる。即ち、通常の放電加工においては、短絡等の発生時において電極移動軌跡を後退させる（短絡バック）制御が行われるが、この放電加工による表面処理においては、短絡は切削動作により解消されるため、短絡バックを頻繁に行う必要がない。むしろ、電極後退動作を行いつぎると放電加工が主体となるため、切削による極間の改質材粉末の濃度が低下し、表面改質効果が低下する可能性がある。即ち、この放電加工による表面処理においては、切削加工と放電加工が適当な比率にて行われるよう、電極後退の比率や電極送り速度の制御を行うのが望ましい。このため、極間検出回路17は極間における極間電圧を検出し、この平均電圧から極間における放電周波数、即ち、放電加工量に相当する量を検出する。制御回路15はこの結果及び現在の工具送り速度から放電加工と切削加工の比率を求め、この比率が適当な値に維持されるよう工具送り速度を変更制御する。また、工具送り速度を変更し、切削加工と放電加工の比率を変化させることにより、改質層19の厚みを変化させることができる。即ち、処理の初期においては送り速度を高くとることにより厚い改質層を形成し、最終仕上げ処理として送り速度を低下させることにより改質層を薄く均一に仕上ることが可能となる。放電の安定度は、回転工具1の回転速度による影響を受けるから、回転速度が高くなり過ぎると、極間の放電パルスの期間中における放電点が移動するため放電アークの維持が困難となり、放電の効率が低下する。即ち、回転速度が高いほど切削効率は増大するのに対して、放電効率は低下し、切削加工の比率が増大する。一方、回転速度が低くなると逆に切削効率は低下し、放電効率が増大するから、回転速度によっても、放電加工と切削加工の比率を変化させることができる。同一回転速度の場合にも工具直径によって周速が異なるため、工具直径に応じて適正な回転速度に制御することが望ましい。

#### 【0068】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の放電加工による表面処理方法は、回転工具の切刃に沿って改質材料からなる表面処理用電極を対向させ、前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、かつ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成するものであるから、表面処理用電極を処理刃面になぞらせながら、回転工具と表面処理用電極との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具の切刃に改質層を形成することができ、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。また、回転工具

または表面処理用電極の一方を固定し、他方を移動するものであるから、従来の型彫放電加工機がそのまま使用でき、かつ、回転工具の回転上下動作により、直線または螺旋溝状に形成された回転工具の外周切刃逃げ面に対して切刃をなぞりながら加工を行うものであるから、その処理機構を簡単化することができる。更に、表面処理用電極面が回転工具の切刃に対して均一に対向するように設置し、回転工具の処理面が一定速度で移動することにより、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具の外周切刃逃げ面に生成される改質層の膜厚さ、面粗さ等を均一にできる。表面処理用電極面が回転工具の切刃に対してのみ改質層を形成するようにしたため、回転工具1本毎の処理速度を大幅に短縮でき、かつ、表面処理用電極が回転工具の切刃を移動することによって改質層を形成できることから、表面処理用電極を無駄に消耗せず、改質層の生成に有効に使用できる効果がある。

【0069】請求項2の放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極と回転工具の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、前記回転工具の外周切刃逃げ角とすくい角との何れか1つ以上と前記表面処理用電極の直径とを補正の情報として位置補正し、前記回転工具と前記表面処理用電極の位置を決定し、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に沿って対向させて前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成するものである。したがって、表面処理用電極と回転工具との放電加工を行う最適位置を自動設定でき、自動で表面処理用電極を処理刃面になぞらせながら、回転工具と表面処理用電極との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具の切刃に改質層を形成することができ、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。また、表面処理用電極と回転工具切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係に位置決めするようにしたため、表面処理用電極や処理対象回転工具が変化しても対処でき、表面処理用電極と回転工具切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係になるように補正するため、位置設定にばらつきがなく、処理結果のばらつきを抑えることができる。更に、表面処理用電極面が回転工具の切刃に対して均一に対向するように設置し、回転工具の処理面が一定速度で移動することにより、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具の外周切刃逃げ面に生成される改質層の膜厚さ、面粗さ等を均一にできる。表面処理用電極面が回転工具の切刃に対してのみ改質層を形成するようにしたため、回転工具1本毎の処理速度を大幅に短縮でき、かつ、表面処理用電極が回転工具の切刃を移動すること

によって改質層を形成することから、表面処理用電極を無駄に消耗せず、改質層の生成に有効に使用できる効果がある。

【0070】請求項3の放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極を円板形状とし、前記表面処理用電極と回転工具の切刃の切刃先端との相対的な位置を検出し、前記回転工具の外周切刃逃げ角とすくい角との何れか1つ以上と前記表面処理用電極の直径とを補正の情報として位置補正し、前記回転工具と前記表面処理用電極の位置を決定し、前記円板形状の表面処理用電極を回転させながら、前記回転工具の切刃に沿って対向させて前記回転工具と前記表面処理用電極を相対移動させ、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の切刃に改質層を生成すると共に、前記表面処理用電極を使用して研削加工するものである。したがって、表面処理用電極と回転工具との放電加工を行う最適位置を自動設定でき、自動で表面処理用電極を処理刃面になぞらせながら、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させ、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる。また、回転工具の切刃に形成した改質層を更に切削することにより前記回転工具の切刃の切刃先端形状を鋭利に成形することができる。更に、表面処理用電極と回転工具切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係に位置決めするようにしたため、表面処理用電極や処理対象回転工具が変化しても対処でき、表面処理用電極と回転工具切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係になるように補正するようにしたため、位置設定にばらつきがなく、処理結果のばらつきを抑えることができる効果がある。

【0071】請求項4の放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極の放電面と回転工具の切刃の外周切刃逃げ面とのなす角を前記回転工具の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃とが相対的に移動しながら、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具のエキセントリック刃付けされた外周切刃逃げ面に対して改質層を生成するものである。したがって、エキセントリック刃付けされた回転工具と表面処理用電極との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具の切刃に改質層を形成することができ、放電加工のみで回転工具の特性に合致した改質が可能であり、工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。

【0072】請求項5の放電加工による表面処理方法は、改質材料からなる表面処理用電極の放電面と回転工

具の切刃の外周切刃逃げ面とのなす角を前記回転工具の外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けが生成される角度とし、前記回転工具の切刃に沿って前記表面処理用電極と前記回転工具の切刃とが相対的に移動しながら、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に放電を発生させ、前記回転工具の母材が加工される程度の放電エネルギーで放電加工を行うことにより、前記回転工具の外周切刃逃げ面に改質層を生成し、かつ、外周切刃逃げ面にエキセントリック刃付けを生成するものである。したがって、エキセントリック刃付けされていない回転工具と表面処理用電極との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具の切刃にエキセントリック刃付けされた改質層を形成することができ、放電加工のみで回転工具の特性を改善でき、かつ、工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。特に、回転工具の母材をも加工する放電エネルギーで放電加工することにより、機械式研削装置を使用せずに外周切刃逃げ面がフラット刃付けの刃部からエキセントリック刃付けを形成でき、再研削コスト等を低減させることができる。即ち、回転工具を構成する母材をも加工する電気条件で加工するようにしたため、機械式研削機構を使用せずに外周切刃逃げ面がフラット刃付けの刃部からエキセントリック刃付けを形成できる効果がある。

【0073】請求項6の放電加工による表面処理方法は、回転工具の切刃の外周切刃逃げ面と面一で、かつ、すくい面に対して密に接合する補助部材を取付けた状態で、前記回転工具の切刃及び補助部材と改質材料からなる表面処理用電極との間に放電を発生させ、外周切刃逃げ面に改質層を生成した後、補助部材を除去することにより、切刃先端の鈍り等を抑える効果がある。即ち、処理切刃先端に対して補助部材をあてることにより、放電による切刃先端の鈍りを生じさせないようにしたので、処理する回転工具の切れ味を低下させずに工具寿命を延長させる効果がある。

【0074】請求項7の放電加工による表面処理方法は、請求項1乃至請求項6の何れか1つに記載の回転工具と表面処理用電極との相対移動は、前記回転工具の切刃のねじれ角 $\theta$ 、前記改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とするとき、前記回転工具の軸方向の前記刃長分の送りに対して $(360 \times L \times \tan \theta) / (\pi \times D)$ の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させるものである。したがって、請求項1乃至請求項6の何れか1つに記載の効果に加えて、処理対象の回転工具のねじれ角 $\theta$ 、刃長 $L$ 、直径 $D$ 、刃のねじれ方向から回転工具の処理面と表面処理用電極の相対的な軌跡が得られるから、その軌跡生成を容易にすることができる。また、表面処理用電極面と回転工具の処理面が一定速度で移動するから、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具逃げ



35

面に生成される改質層の膜厚さ、面粗さ等を均一にする効果がある。また、処理回転工具のねじれ角と刃長等を軌跡生成のデータとしているため、螺旋状の切刃を持たない回転工具に対しても処理できる効果がある。

【0075】請求項8の放電加工による表面処理装置は、回転工具との間の放電により、前記回転工具の切刃に改質層を生成する改質材料からなる表面処理用電極と、前記回転工具を回転させ、前記回転工具の切刃に対向するように、前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構と、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に電圧を印加する放電加工用電源とを具備するものであるから、表面処理用電極を処理切刃になぞらせながら、回転工具と表面処理用電極との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具の切刃に改質層を形成することができ、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上させることができる。また、回転工具の処理面が一定速度で移動するようにしたため、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具逃げ面に生成される改質層の膜厚さ、面粗さ等を均一にできる。そして、表面処理用電極面が回転工具の切刃に対してのみ改質層を形成するようにしたため、工具1本毎の処理速度を大幅に短縮でき、表面処理用電極を無駄に消耗せず、改質層生成に有効に使用できる。更に、回転工具または表面処理用電極の一方を固定し、他方を移動するものであるから、従来の型彫放電加工機がそのまま使用でき、かつ、回転工具の回転上下動作により、直線または螺旋溝状に形成された回転工具の外周切刃逃げ面に対して切刃をなぞりながら加工を行うものであるから、その処理機構を簡単化することができる。

【0076】請求項9の放電加工による表面処理装置は、回転工具の切刃に改質材料からなる表面処理用電極によって改質層を生成する放電加工による表面処理装置において、前記回転工具との間の放電により、前記回転工具の切刃に改質層を生成する改質材料からなる表面処理用電極と、前記回転工具を回転させ、前記回転工具の切刃に対向するように、前記回転工具と前記表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構と、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に電圧を印加する放電加工用電源と、前記回転工具と前記表面処理用電極との間の極間電圧を検出する極間検出回路と、前記極間検出回路の出力によって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極との間に発生する放電を制御する制御回路とを具備するものである。したがって、表面処理用電極を処理刃面になぞらせながら、回転工具と表面処理用電極との間に電圧を印加して放電を発生させることにより回転工具の切刃に改質層を形成することができ、放電加工のみで工具寿命を大幅に向上させる改質層を工具切刃先端に均一に形成でき、かつ、切刃の切れ味を向上さ

36

せることができる。また、回転工具または表面処理用電極の一方を固定し、他方を移動するものであるから、従来の型彫放電加工機がそのまま使用でき、かつ、回転工具の回転上下動作により、直線または螺旋溝状に形成された回転工具の外周切刃逃げ面に対して切刃をなぞりながら加工を行うものであるから、その処理機構を簡単化することができる。更に、表面処理用電極と回転工具の切刃との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係に位置決めできるから、表面処理用電極や処理対象の回転工具が変化しても対処できる。また、表面処理用電極と回転工具切刃先端との接触検知により、その相対位置関係を検出して所定の位置関係になるように補正するようにしたため、位置設定にばらつきがなく、処理結果のばらつきを抑える効果がある。

【0077】請求項10の放電加工による表面処理装置は、請求項8または請求項9に記載の回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に対向する特定角度に固定したものである。したがって、請求項8または請求項9に記載の効果に加えて、前記表面処理用電極を保持する機構を最も単純化することができる。

【0078】請求項11の放電加工による表面処理装置は、請求項8または請求項9に記載の回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を前記回転工具の切刃に対向させ、かつ、その対向角度を設定できるものである。したがって、請求項8または請求項9に記載の効果に加えて、前記回転工具の処理切刃面に対して表面処理用電極の設置角度を自由に設定できるようにしたため、切刃の外周切刃逃げ面がフラット刃付けまたはエキセントリック刃付けの回転工具に対しても対応できる効果がある。

【0079】請求項12の放電加工による表面処理装置は、請求項8から請求項11の何れか1つに記載の回転工具の切刃に改質層を生成する表面処理用電極は、前記表面処理用電極を回転させるものである。したがって、請求項8から請求項11の何れか1つに記載の効果に加えて、表面処理用電極を回転させることにより、表面処理用電極の放電加工による磨耗の影響力を少なくでき、かつ、表面処理用電極の外周が均一化でき、仕上げ精度を上げることができる。逆に、機械的研削を行わせたリ、エキセントリック刃付けを行うことができる。そして、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具の外周切刃逃げ面に生成される改質層の膜厚さや面粗さ等を均一にする効果がある。

【0080】請求項13の放電加工による表面処理装置は、請求項8から請求項12の何れか1つに記載の回転工具と表面処理用電極とを相対移動させる相対移動駆動機構は、前記回転工具の切刃のねじれ角 $\theta$ 、前記改質層を生成する刃長 $L$ 、工具直径 $D$ とすると、前記回転工具の軸方向の前記刃長分の送りに対して  $(360 \times L \times$

$\tan \theta) / (\pi \times D)$  の回転関係を維持することによって、前記回転工具の切刃と前記表面処理用電極とを相対移動させるものである。したがって、請求項8から請求項12の何れか1つに記載の効果に加えて、処理対象の回転工具のねじれ角 $\theta$ 、刃長 $L$ 、直径 $D$ 、刃のねじれ方向から回転工具の処理面と表面処理用電極の相対的な軌跡が得られるから、その軌跡生成を容易にすることができる。また、表面処理用電極面と回転工具の処理面が一定速度で移動するから、処理面の放電加工状態のばらつきが減少し、回転工具逃げ面に生成される改質層の膜厚さ、面粗さ等を均一にする効果がある。また、処理回転工具のねじれ角と刃長等を軌跡生成のデータとしているため、螺旋状の切刃を持たない回転工具に対しても処理できる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は本発明の実施の形態1の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。

【図2】 図2は本発明の実施の形態1の放電加工による表面処理装置で加工される回転工具の切刃の切刃先端の要部説明図である。

【図3】 図3は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置の回転工具と表面処理用電極との関係を示す正面図である。

【図4】 図4は同じく回転工具と表面処理用電極との関係を示す側面図である。

【図5】 図5は同じく回転工具と表面処理用電極との位置関係が変位した状態を示す正面図である。

【図6】 図6は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置の回転工具の中心軸と表面処理用電極との水平面上の位置関係を示す断面の説明図である。

【図7】 図7は同じく回転工具と表面処理用電極の外径線との水平面上の位置関係を示す断面の説明図である。

【図8】 図8は同じく回転工具と表面処理用電極の外径線との水平面上の接合深さの位置関係を示す断面の説明図である。

【図9】 図9は同じく回転工具と表面処理用電極の外径線との水平面上での当接位置の位置関係を示す断面の説明図である。

【図10】 図10は同じく回転工具の切刃先端と表面処理用電極の外径線との位置関係を示す断面の説明図である。

【図11】 図11は同じく回転工具の刃面と表面処理用電極の端部面との角度関係を示す断面の説明図である。

【図12】 図12は同じく回転工具の刃面と表面処理用電極の端部面との平行関係を示す断面の説明図である。

【図13】 図13は同じく回転工具の刃面に改質層を形成する動作の説明図である。

【図14】 図14は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置における回転工具と表面処理用電極との関係を設定して改質層を形成する一部のフローチャートである。

【図15】 図15は本発明の実施の形態2の放電加工による表面処理装置における回転工具と表面処理用電極との関係を設定して改質層を形成する残りのフローチャートである。

【図16】 図16は本発明の実施の形態3の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。

【図17】 図17は本発明の実施の形態4の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。

【図18】 図18は本発明の実施の形態5の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。

【図19】 図19は本発明の実施の形態6の放電加工による表面処理装置の要部構成図である。

【図20】 図20は本発明の実施の形態7の放電加工による表面処理装置の要部構成図である。

【図21】 図21は本発明の実施の形態8の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。

【図22】 図22は本発明の実施の形態9の放電加工による表面処理装置の全体構成図である。

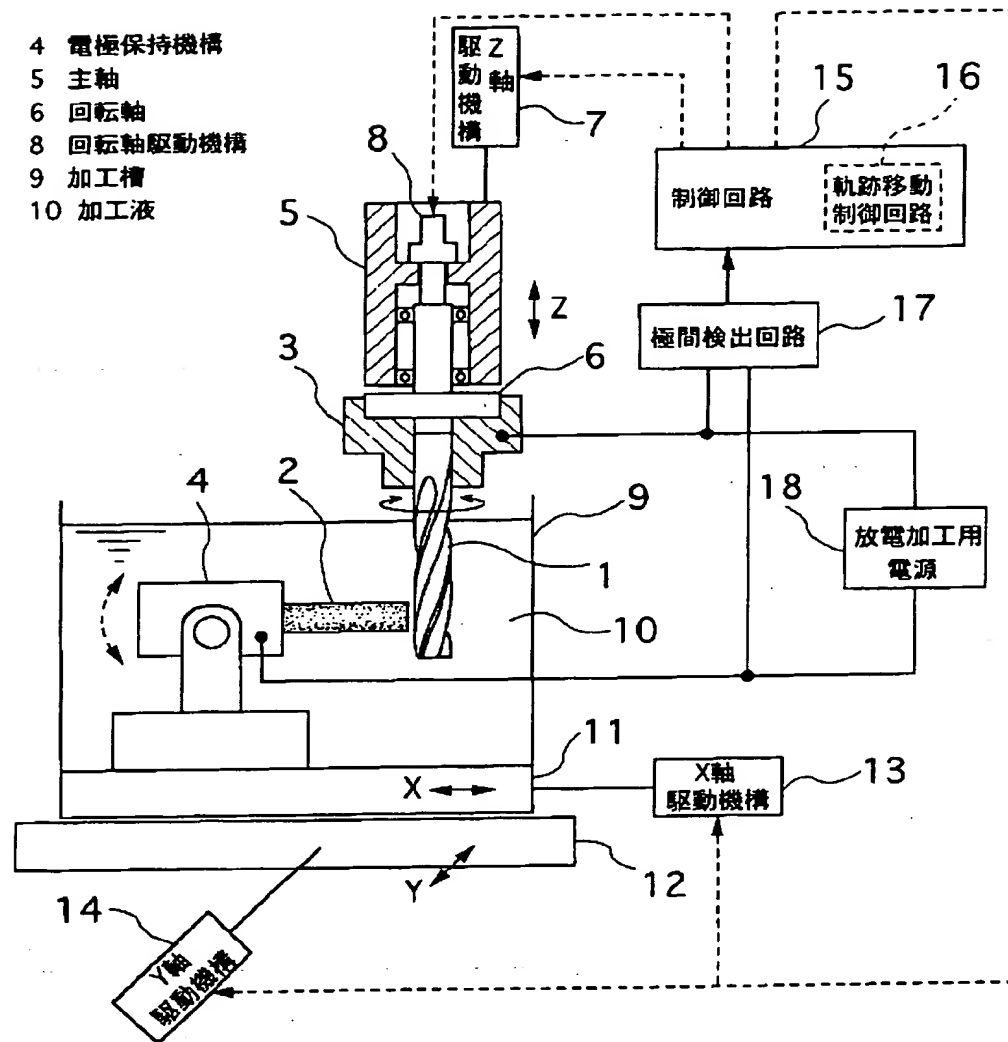
【図23】 図23は本発明の実施の形態10の放電加工による表面処理装置の要部構成図である。

【図24】 図24は従来の表面処理装置を説明する全体構成図である。

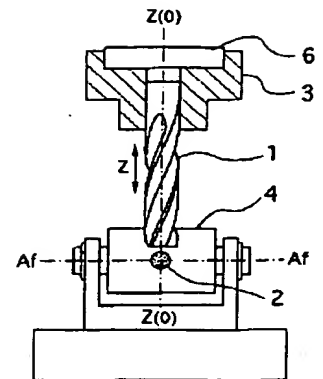
#### 【符号の説明】

1 回転工具、2 表面処理用電極、4、24、34、44、54、64、74、84 電極保持機構、5 主軸、6 回転軸、7 Z軸駆動機構、8 回転軸駆動機構、9 加工槽、10 加工液、13 X軸駆動機構、14 Y軸駆動機構、15 制御回路、17 極間検出回路、18 放電加工用電源、19 改質層、26 補助部材。

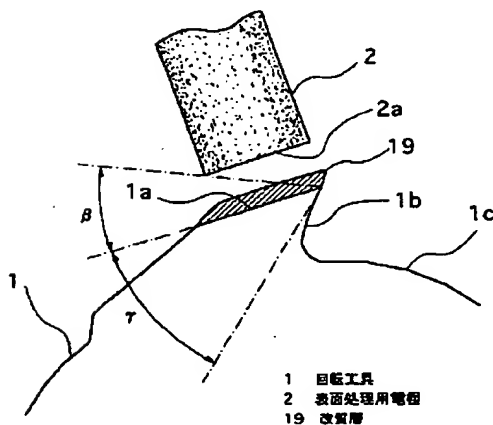
【図 1】



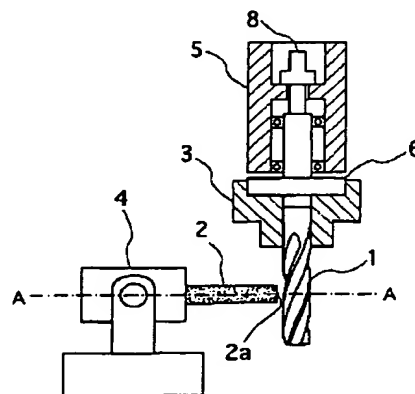
【図 4】



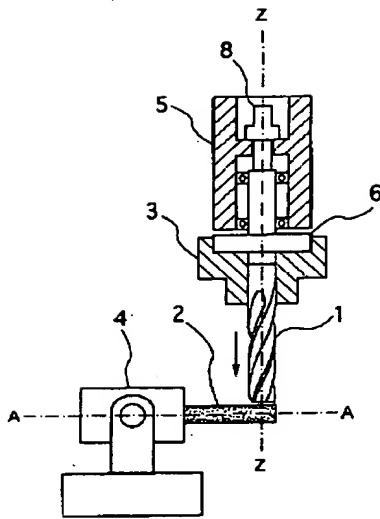
【図 2】



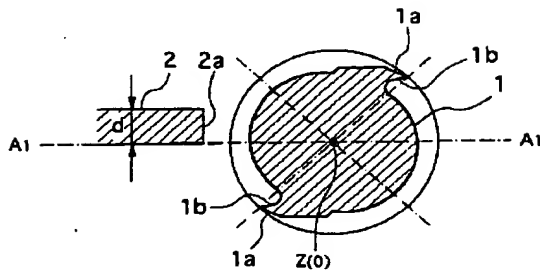
【図 5】



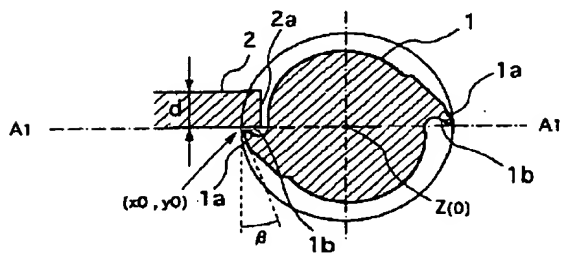
【図 3】



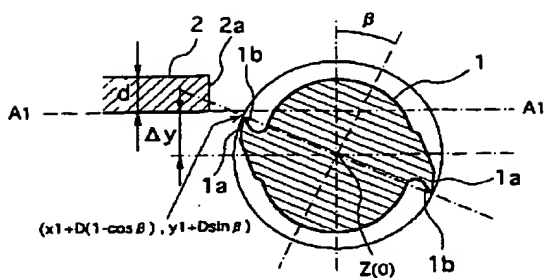
【図 7】



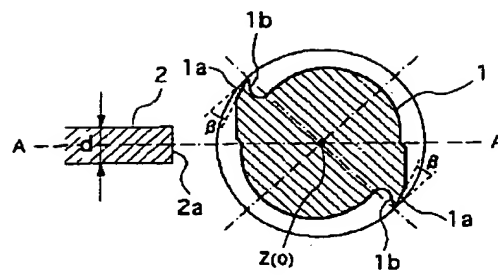
【図 9】



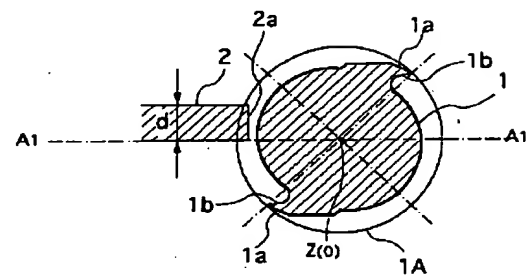
【図 11】



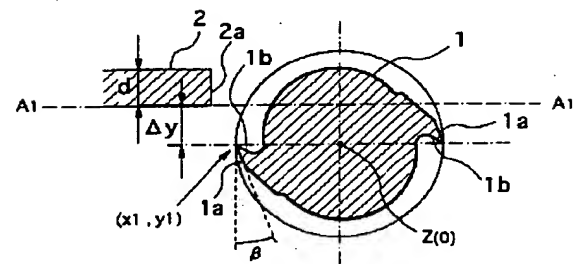
【図 6】



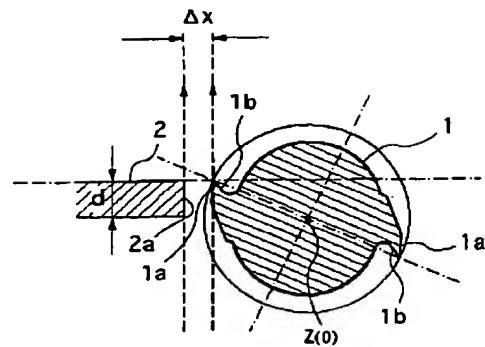
【図 8】



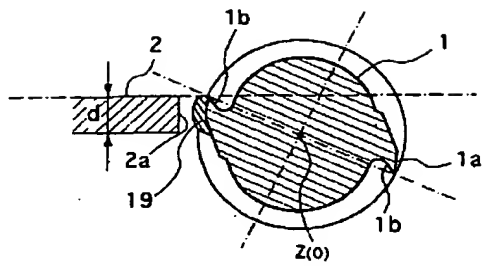
【図 10】



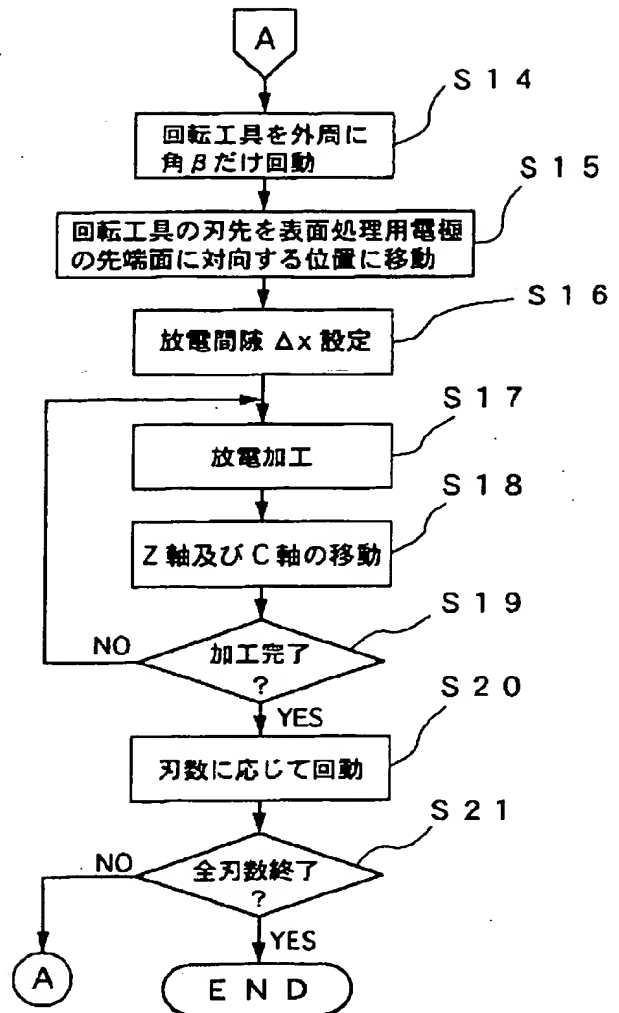
【図 12】



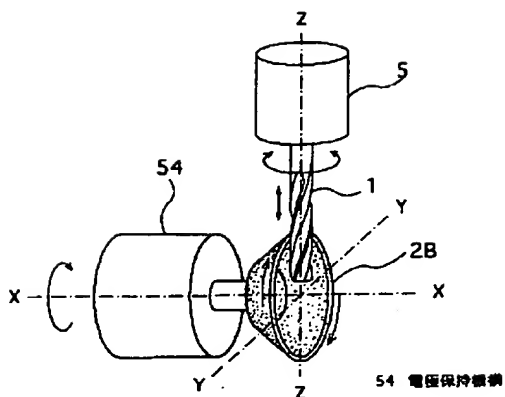
【図13】



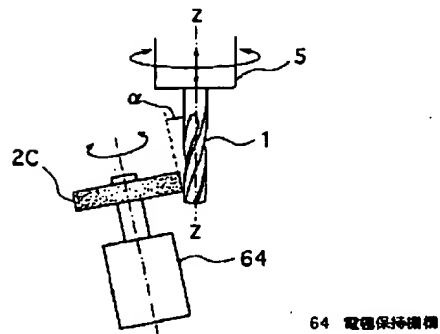
【図15】



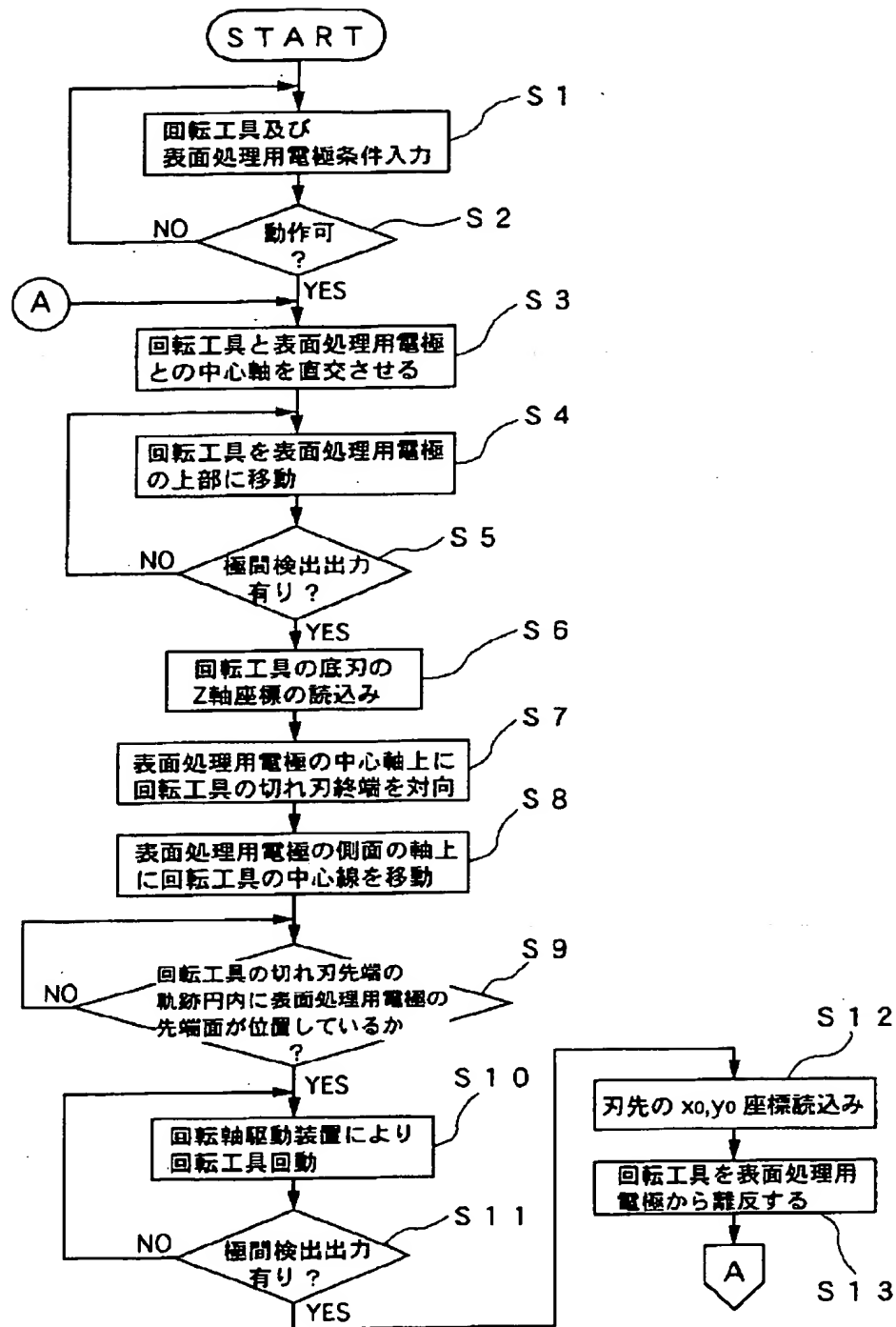
【図19】



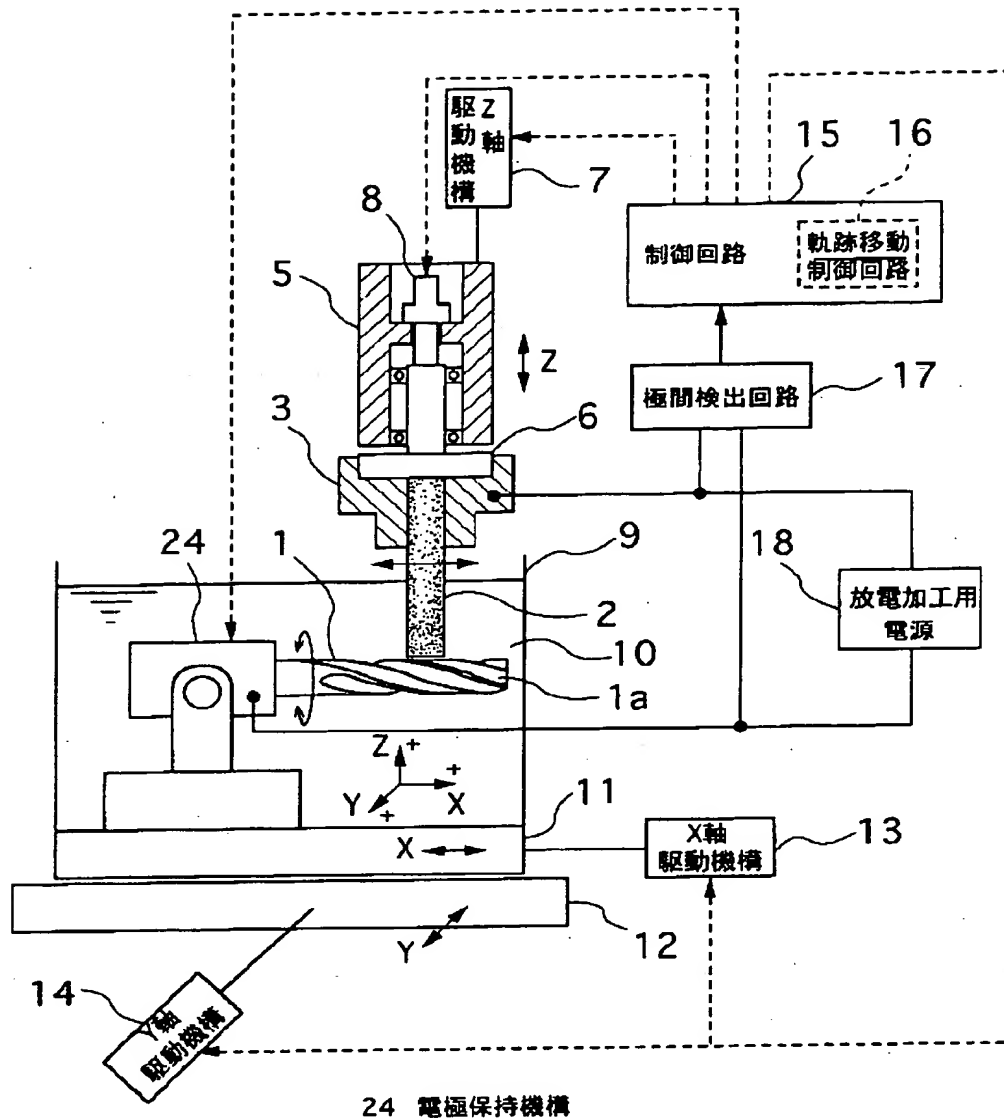
【図20】



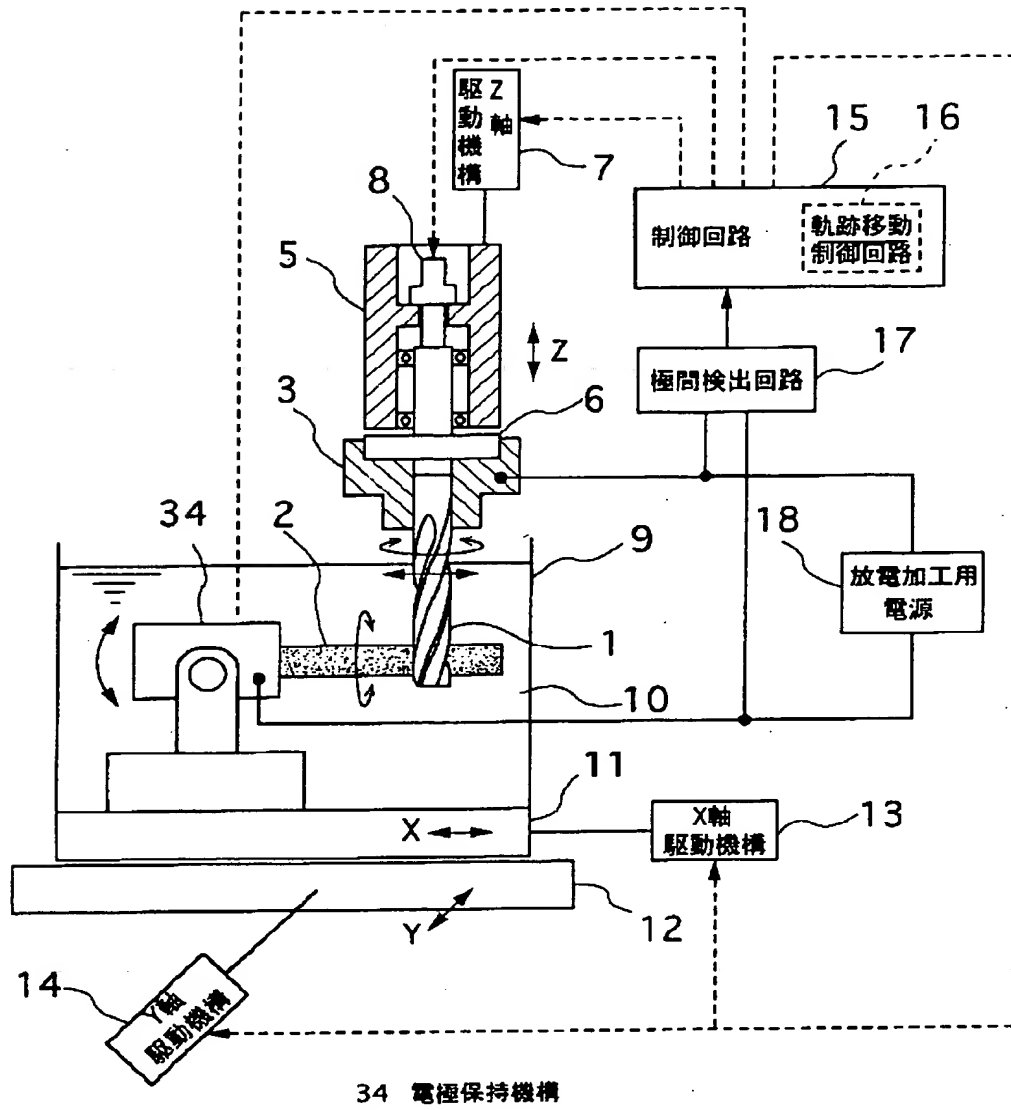
【図14】



【図16】

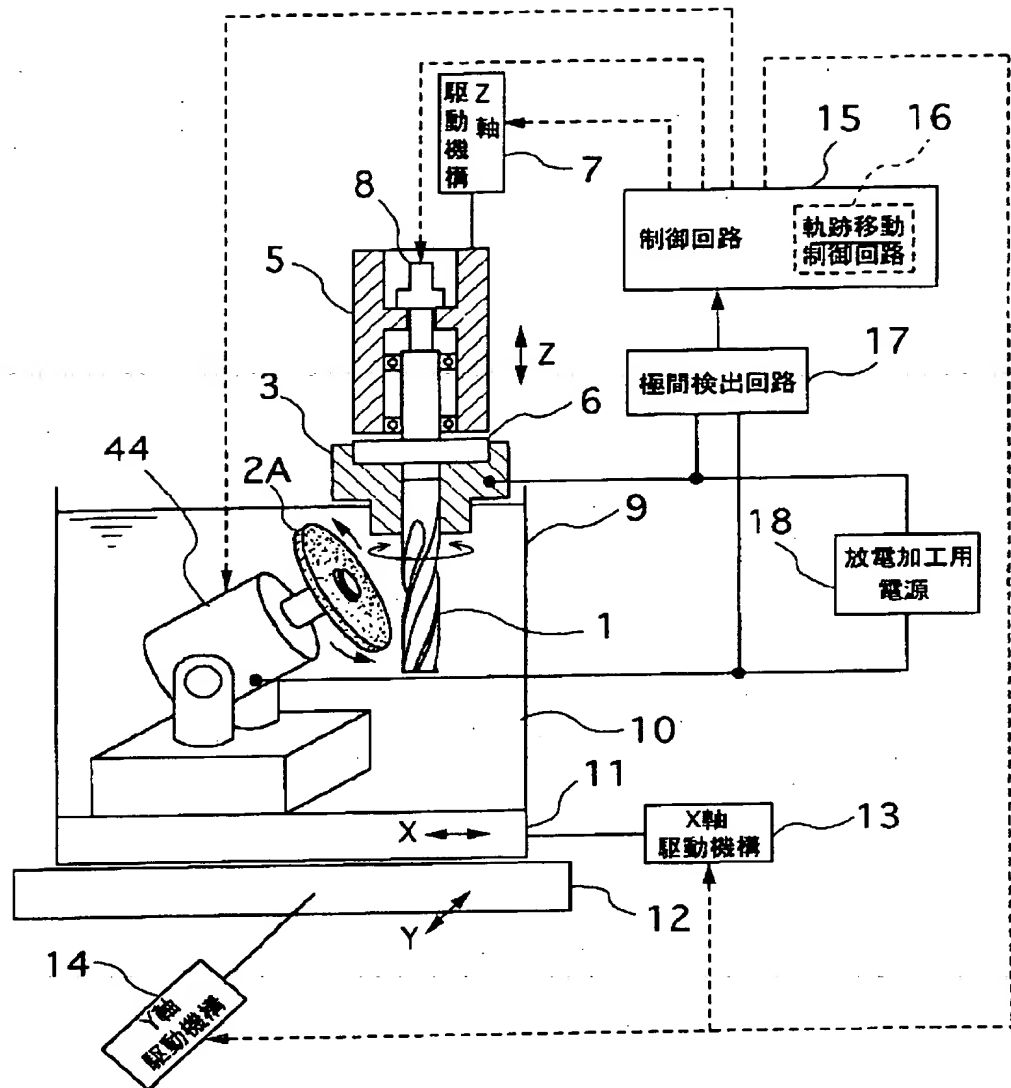


【図17】



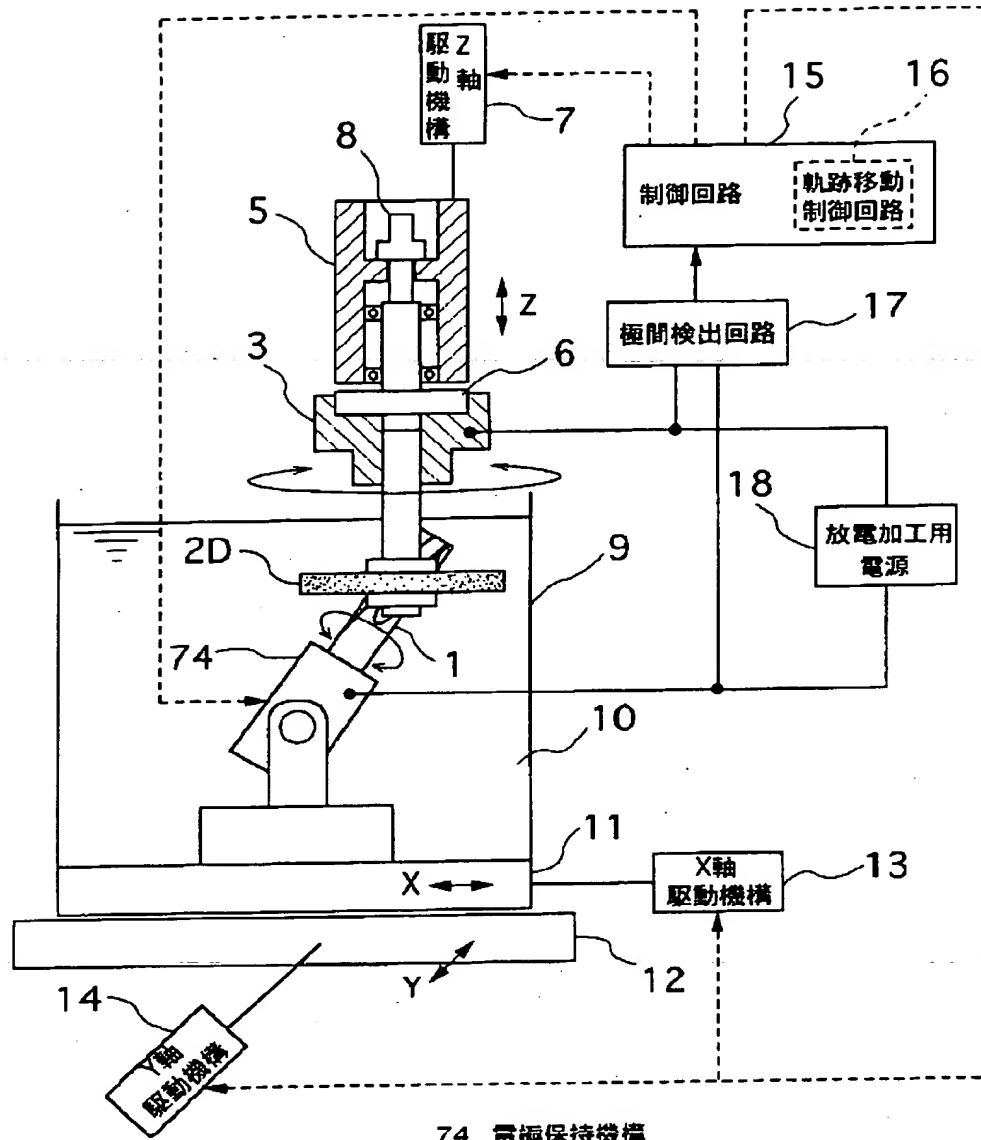


【図18】

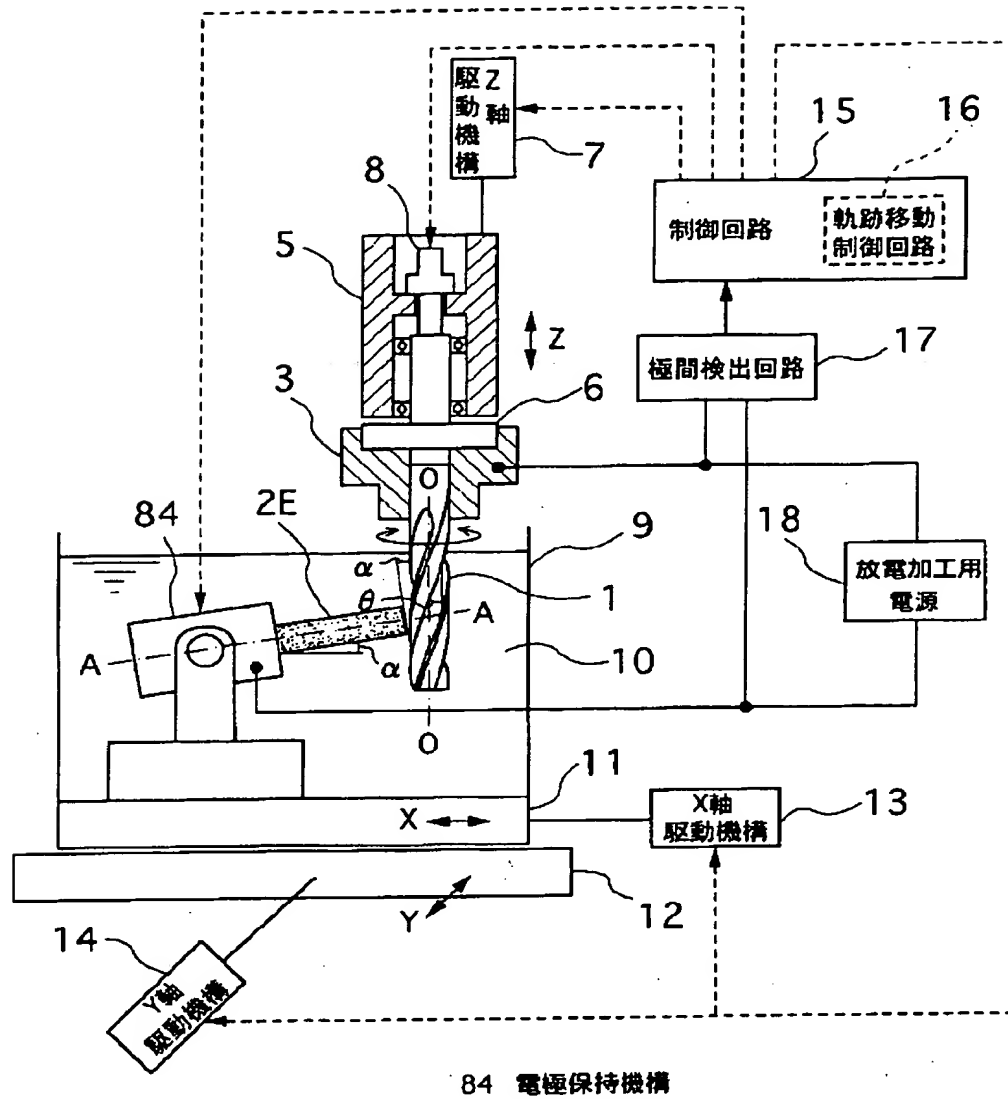


44 電極保持機構

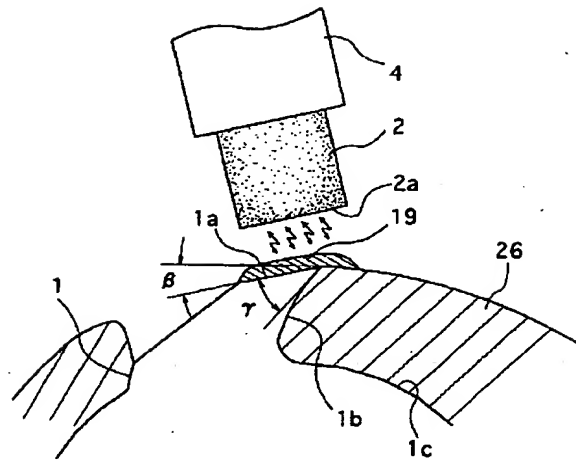
【図21】



【図22】

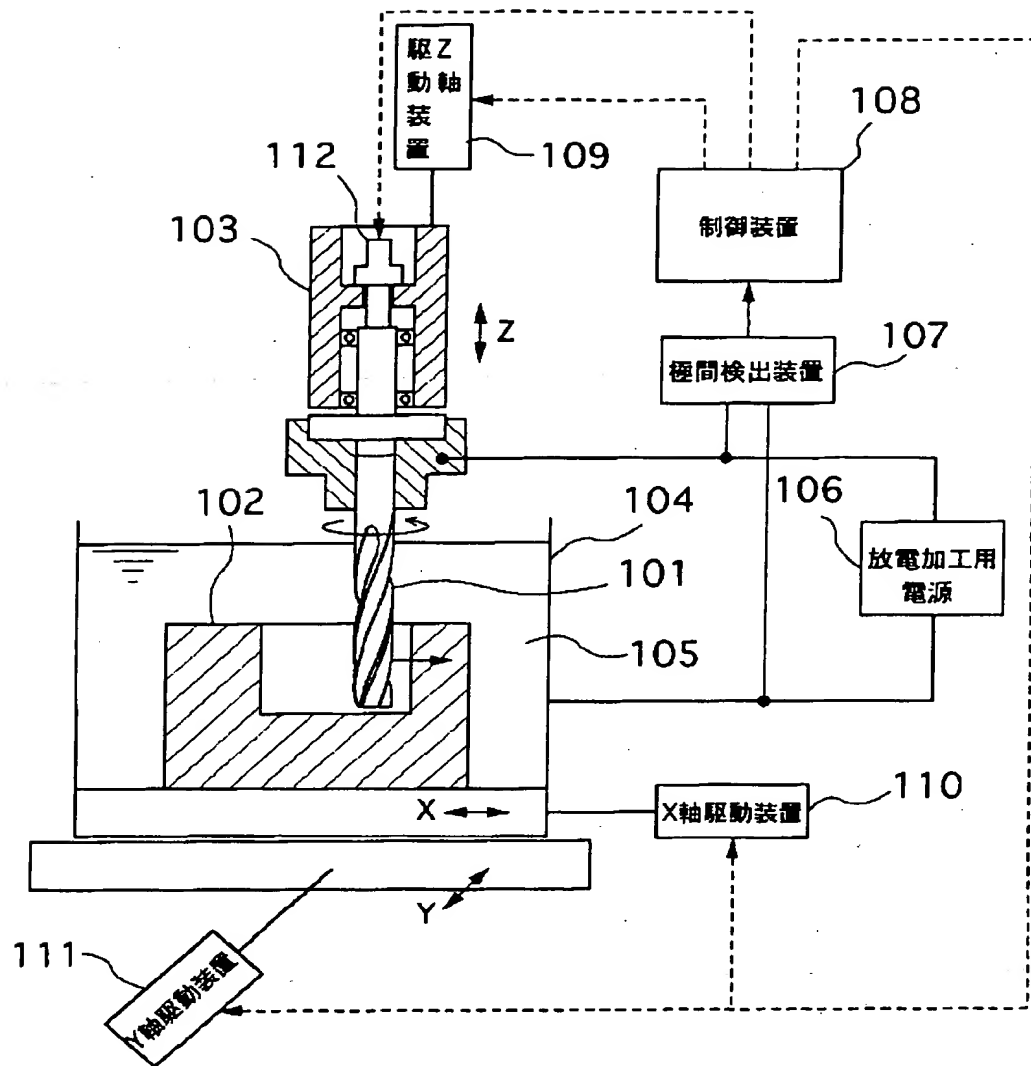


【図 23】



26 補助部材

【図24】



フロントページの続き

(72) 発明者 斎藤 長男  
愛知県春日井市岩成台九丁目12番地の12  
(72) 発明者 毛利 尚武  
愛知県名古屋市中天白区八事石坂661-51  
(72) 発明者 三宅 英孝  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 今井 祥人  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72) 発明者 真柄 卓司  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72) 発明者 後藤 昭弘  
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内